集合住宅におけるディスポーザ排水システムの配管設計法に関する研究

A Study on The Piping Design Methods for Household Garbage Drainage System in Apartment Houses

小島　邦晴

Kuniharu KOJIMA

集合住宅におけるディスポーザ排水システムの配管設計法に関する研究

小島　邦晴 *

概　　要

本研究は近年、集合住宅を中心として普及が進んでいるディスポーザ排水システムの配管設置の実態を調査分析し、実使用上の問題を抽出するとともに、実験的な検証により排水搬送性の影響因子を解明し、配管詰まりのメカニズムを解明した。また、ディスポーザシステムを設置した集合住宅の入居者を対象としたアンケート調査により、配管詰まりの最大要因のひとつである卵殻を投入禁止とした場合でも使用者の利便性にはほとんど影響しないことなどを明らかにした。

これらの結果を総括し、かつ筆者の経験から得られた技術的知見をもとに、排水搬送性と維持管理の両面からみた配管設計・施工指針を提言するとともに、ディスポーザの使用形態を提言した。

A Study on The Piping Design Methods for Household Garbage Drainage System in Apartment Houses

Kuniharu KOJIMA*

This paper deals with a household garbage drainage systems which inclease in urban apartment houses. Investigation and analysis of the actual those drainage systems condition,abstraction actual using subject, elucidation effective factors in drainage conveyance characteristics and mechanism of drainage clogging. Moreover, sending out a questionaire for residents of apartment houses which instaled household garbage drainage systems. As a result, in case of forbidden disposing eggshell which is one of the most clogginng effective factor, user convenience scarcely effect.

Makinng a summary of those facts and my experiential technical knowledge, this report propose the piping design and installation methods for household garbage drainage system from a view point of the drainage conveyance characteristics and maintenance.

* 戸田建設 (株)　建築設計統轄部設備設計部
* Mechanical & Electrical Engineering Dept. Architectural Design Division, Toda Corp.

集合住宅におけるディスポーザ排水システムの配管設計法に関する研究

小島　邦晴 *

1．はじめに

米国において1950年代から市販が開始され、現在では一般的な住宅設備として普及しているディスポーザが、日本においても、ディスポーザ排水と台所排水を専用の排水処理施設で浄化処理するシステムとすることで設置が認可され、首都圏の集合住宅を中心として急速に普及し始めている。これはディスポーザ排水処理システムに対する社会的なニーズが強いことのあらわれであり、迫り来る高齢化社会や環境問題に対応した技術的な解でもありうる。図１－１－１にシステム概念図を、図１－１－２に普及状況を示す。

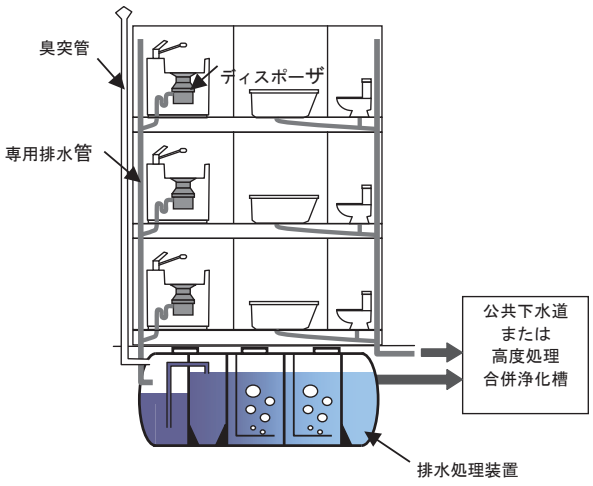


図１－１－１　システム概念図

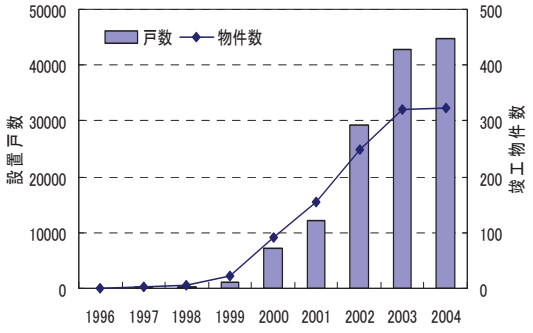


図１－１－２　ディスポーザシステムの年度別竣工実績

しかしながら、日本におけるディスポーザの運転方法は回分処理（バッチ処理）がほとんどであることに対し、米国の運転方法は連続処理である。また、台所排水とディスポーザ排水のみが流下する日本に対し、米国では浴室排水などの水量の多い排水が同一配管内を流下する。このように排水配管内を流れる流量や固形分の濃度が異なる状況から、ディスポーザ排水を円滑に搬送させるための配管設計法などを検討する際に、米国での実績や経験をそのまま準用することは適切ではなく、日本での実情を加味した実験・調査データに基づく検討が必要と考えられる。

ディスポーザに関する研究は多くなってきているが、ディスポーザ排水の搬送特性に関する報告は基礎的な研究がほとんどで[1)～3)]、配管設計指針の整理がなされる段階には到達していない。一方、筆者の経験からはディスポーザシステムを設置した集合住宅における排水配管に関するトラブルは排水横枝管（器具排水管）で発生しており、また、台所排水系統の老朽化はまず横枝管が先行し、その後立て管に拡がってゆく傾向があることが報告されていることから[4)]、排水横枝管の設計・施工法を確立することがディスポーザ排水システムの設計法といっても過言ではない。

そこで、本研究はディスポーザ配管システム設置の実態を調査分析し、実使用上の問題を抽出するとともに、実験的な検証により実用的で維持管理の容易な配管システム設計・施工技術を構築し、ディスポーザ排水配管設計・施工指針の提言を目指すことを目的とした。

本論文は第１章から第６章までの６章で構成されており、各章の内容は以下のとおりである。

第１章では序論として本研究の背景および目的について述べた。

第２章では、都市部の集合住宅で普及が進んでいるディスポーザシステムについて、システム全体におけるトラブルの発生部位や現象についてデータから解析した。つぎに、トラブルのなかでディスポーザ使用者の誤使用に起因したもの以外のトラブル、すなわち配管系に発生したものについて、発生部位を解析し原因を推察した。

あわせて、集合住宅の排水横枝管における配管の長さや曲がり数といった形態がパイプシャフト（以降、PSと略す）の位置により大きく変わることをデータにより解析し、モデル配管を設定した。

第３章では、ディスポーザ排水システムの排水搬送特性を実験により解析した。

最初にディスポーザ排水の搬送特性が、ディスポーザ機種や運転方法の違いによりどのように変わるかを確認した。つぎに、第２章でPS位置の違いによって設定したモデル配管により、搬送性の違いを把握した。

また、配管詰まりの最大の要因のひとつと思われる卵殻の掃流条件を確認し、配管詰まりのメカニズムを解析、確認した。最後に、排水横枝管における搬送性に影響を与えると推測できる配管勾配や操作条件、排水継手の種類、継手間距離などの条件について排水搬送特性を実験により解析した。

第４章では、ディスポーザ排水システムのユーザーである使用者にアンケート調査を実施し、使用実態の調査と便益の評価を行い、使用方法に関する提言の基礎データとした。

*戸田建設（株）　建築設計統轄部設備設計部

最初に、手動給水式ディスポーザにおいては、使用者によってディスポーザへの給水量が変化するため排水搬送性が一定しないという弱点があることから、手動給水式ディスポーザのユーザーに対してアンケート調査を行った。

つぎに、配管詰まりの最大要因と推察される卵殻を投入禁止ごみとした場合のユーザー便益評価をアンケート調査し、卵殻禁止に対する使用者の受容性について検討した。

第５章では、第２章から第４章までの結果を総合し、かつ筆者の経験から得られた技術的知見をもとに配管設計、施工、維持管理にわたる『ディスポーザ排水配管設計・施工指針』を提言した。

第６章では、各章の結果を総括して総合的考察を述べるとともに、今後の課題と展望について論じた。

以下、論文の概要を述べる。

２．既存ディスポーザシステムの不具合の実態と事例分析

2.1　不具合の実態調査

2.1.1　調査方法

ディスポーザシステム採用集合住宅を対象にアンケート調査を行い、ディスポーザのトラブル事例について調査した。調査対象集合住宅の概要を表２－１－１に示す。対象集合住宅は、いずれも入居後４年以上たった時期に調査を行った。

トラブル事例の中から、配管閉塞の起きた事例を抽出し、対象住戸の配管設計条件および施工状況を確認することにより、配管閉塞を引き起こした要因についての解析を行った。

表２－１－１　アンケート調査対象集合住宅

No.	設置場所	戸数(戸)	回収数	回収率
1	東京都	498	198	40%
2	東京都	75	34	45%
3	神奈川県	66	23	35%
4	神奈川県	23	12	52%
5	福岡県	15	13	87%
6	福岡県	71	35	49%
合計		748	315	42%

2.1.2　結果と考察

（１）アンケート調査結果

ディスポーザシステムを設置した集合住宅において、４年間の累積でのディスポーザのトラブル事例を事象別に分類した結果を図２－１－１に示す。

トラブル事例の内容を詳しく見ると、スプーンやフォークなどの異物の噛込や、硬い骨など投入禁止としている生ごみを粉砕したことによる噛込の発生率が最も多く、７割近くであった。トラップ・配管詰まりについては、トラブル事例の約２割を占めていたが、詳細を見るとそのほとんどが繊維質の強い生ごみなど投入禁止としている生ごみを粉砕したことによるトラップ部の詰まりであり、トラップ以降の配管が詰まって配管洗浄を行った事例は１％未満であった。

これらのトラブルの発生時期をみると、噛込、トラップ詰まりについては、入居後の数ヶ月間に集中して発生し、入居者が使い方に慣れるにつれて減少する傾向にあった。また、入居時に使用方法説明書の配付や、使い方説明会の実施などの情報提供を行った集合住宅においては、情報提供がなかった集合住宅と比較して発生率が低くなっていた。ディスポーザの正しい使い方に関する情報を使用者に直接伝達することの重要性については別報[6)]にて示したが、噛込、トラップ詰まりなどのトラブル発生防止に対しても、使用者に対する直接の情報伝達が有効であると推察された。

一方、配管詰まりの発生時期をみると、入居後１年以上経過後に発生しており、ディスポーザシステム設置集合住宅において定期的な配管洗浄が実施されない場合は、使用年月の経過とともに配管詰まりの発生リスクが高まる恐れがあると推察された。

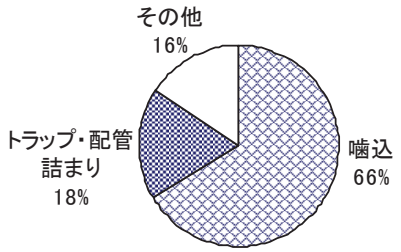


図２－１－１　トラブル事例の事象別比率

（２）配管閉塞事例における原因解析

配管閉塞が発生した集合住宅における配管設計条件の調査を行い、配管閉塞の原因解析を行った。

アンケート調査を行った集合住宅のうち、No.１の集合住宅における台所排水系統の排水横枝管の設計図面を調査し、配管プランにおける配管長および曲がり数の分布を整理した結果を図２－１－２に示す。

対象集合住宅はパイプシャフトが住戸内にあるプランであるため、配管長は６ｍ以内、曲がり数は３ヵ所以内のプランが多いが、一部、配管長が10m以上や、曲がり数が５ヵ所以上となるプランもあることが判明した。

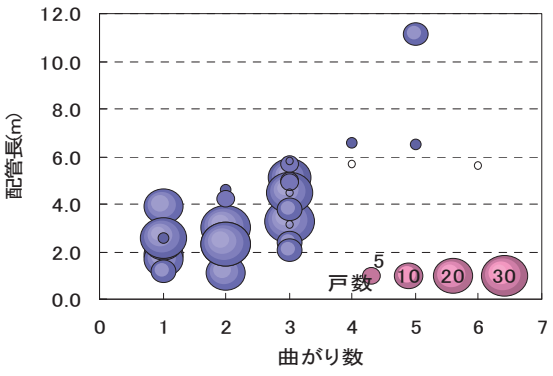


図２－１－２　No.１集合住宅における排水横枝管の配管長と曲がり数の分布

配管閉塞が発生した住戸における配管プランを図２－１－３に示す。

対象住戸は配管長約11.5m、曲がり数５ヵ所と、特に配管プランが複雑であり、配管勾配が十分に確保されていないことが懸念された。配管復旧・洗浄時の調査結果から、配管閉塞は第４曲がり部付近（図２－１－３中④）で発生したと推察された。また、配管復旧・洗浄時に、内視カメラにより排水横枝管内の堆積物の確認を行ったところ、卵殻の大量の堆積と、野菜の外皮など繊維質ごみの残存が認められたことから、閉塞の原因としては、別報[7]でも確認されたとおり、卵殻が排水横枝管内に堆積した後に繊維質の嵩高いごみが粉砕・排出されたことにより、卵殻の堰を形成したものと推察された。

以上の結果から、配管閉塞の要因としては、長配管、曲がり数過多などの設計条件が考えられるとともに、配管勾配不足や納まり条件の厳しさに起因した継手数の増加などの施工条件によっても、配管閉塞が起こりうると推察された。

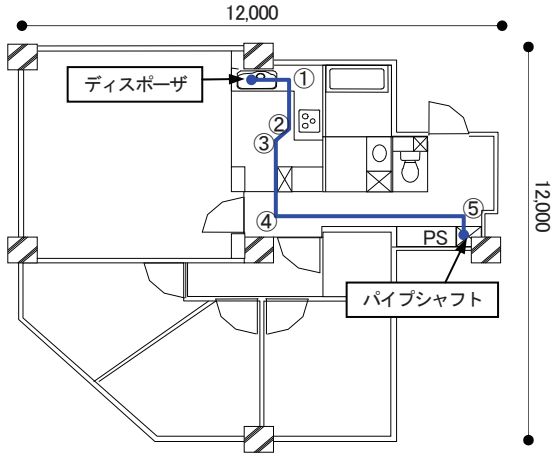


図２－１－３　配管閉塞が発生した住戸における配管プラン

2.1.3　まとめ

ディスポーザシステムが設置された集合住宅におけるトラブル事例の発生状況を調査し、その発生原因についての分析結果をまとめると次のようになる。

①ディスポーザシステム設置住宅におけるトラブル発生事例では、異物などの噛込およびトラップ詰まりが多いが、これらは使用者に対する使い方説明などの直接的な情報提供によって防止できると考えられる。

②配管閉塞発生住戸の調査結果から、長配管、曲がり数過多などの設計条件および、配管勾配不足などの施工条件が、配管閉塞の要因となっていると推察された。

2.2　ディスポーザ排水配管システムにおける不具合の実態調査

2.2.1　調査方法

トラブルデータはＴ社の竣工物件データベースTIP－NXを使用した。

このシステムは国内全支店の竣工物件を網羅しており、建築概要、設備概要およびトラブルデータなどが入力されている。

調査対象は平成14年４月から平成16年３月までの２年間に竣工した集合住宅で、ディスポーザシステムを導入している物件について、その排水配管部分におけるトラブルデータを抽出した。なお、調査対象期間の選定については、ディスポーザ排水配管システムの配管搬送性に対する社内基準が固まった時期に設計を行った物件であることを念頭に置いた。

ディスポーザのトラブルに関しては、噛込などのディスポーザ使用初期に発生する軽度のトラブルの場合、管理会社からメーカーに直接通報されることが多い。一方、配管詰まりのような比較的重大なトラブルについては、建設会社にまで通報されることが多い。このような背景から、配管詰まりは生活するうえで重大な問題なので通報される確率は高く、データの信頼性は高いものと思われる。

2.2.2　結果と考察

平成14年４月から平成16年３月までの２年間に竣工した集合住宅で、ディスポーザシステムを導入している物件のデータを表２－２－１に示す。

この期間の排水配管におけるトラブルは１件であり、トラブル発生個所は住戸内排水横枝管であった。

原因については、第５章で後述する配管内面の段差に起因しているものと推測した。

また、トラブル発生率は0.02％と非常に低い結果となったが、これは竣工総戸数のうち、86.2％の住戸が全自動給水型あるいは、手動給水型であっても回転数を制御し、排水搬送性を高めた機種を採用していること、および長年にわたるＴ社のディスポーザ排水配管に対する研究成果であると推測する。

2.2.3　まとめ

トラブル影響度合いの大きな配管詰まりについて実施した、発生部位、発生原因などの調査結果をまとめると以下のようになる。

①最近２年間のトラブル発生件数は１件で、発生率は0.02％と非常に低い。

②発生部位は住戸内の排水横枝管である。

③排水搬送性の高いディスポーザを採用することで、トラブル発生率を低減できる結果となった。

表２－２－１　竣工期間別の排水配管トラブル発生件数

竣工時期	物件数	延床面積合計(㎡)	竣工総戸数（戸）	トラブル件数
H14.04～14.09	0	0	0	0
H14.10～15.03	6	228､000	1､863	1　件（横枝管）
H15.04～15.09	4	110､000	815	0
H15.10～16.03	9	210､000	1､918	0
合計	19	548､000	4､596	1 件

2.3　ディスポーザ排水配管プランの分析とモデル化

2.3.1　調査方法

ディスポーザシステムが採用されている関東地域の集合住宅５件について、それらのディスポーザ排水系統の排水横枝管の設計図の調査を行った。

調査対象集合住宅の概要を表２－３－１に示す。これらの配管プランにおける配管長、曲がり数、勾配と住居専有面積との関係などを整理・分析し、排水横枝管の実験評価用配管モデルを設定した。

表２－３－１　ディスポーザ排水システム設置集合住宅概要

集合住宅	A	B	C	D	E
所在地	東京都	神奈川県	千葉県	東京都	東京都
住戸数	75 戸	66 戸	74 戸	951 戸	1149 戸
階数	8階	7階	14 階	28 階	54 階
住居ﾌﾟﾗﾝ	2～4LDK	3～4LDK	3～4LDK	2～3LDK	1～4LDK
竣工年月	‘00/12	‘02/02	‘02/03	‘04/03	‘04/06

2.3.2　結果と考察

配管設計の代表例を図２－３－１と図２－３－２に、各物件での配管長と曲がり数との関係を図２－３－３、２－３－４に示す。ディスポーザ排水横枝管の配管長、曲がり数は、排水立て管のあるPSの配置により大きく変化している。

PSが住戸内の台所、浴室洗面所、トイレの水周りに近接するプランとなっている集合住宅A、B、Cの場合、いずれでも配管長さは５m以内、曲がりは３ヵ所以内に収まっていることがわかった。また、配管勾配は全ての住戸において1/50で計画されていた。

一方、PSが共用廊下部分に配置されている集合住宅D、Eでは、配管長は３～13m、曲がり数は１～７ヵ所と多岐にわたっている。配管勾配は長配管プランであることから、1/75あるいは1/100であることがわかった。

また、配管長と曲がり数の間には正の相関が認められたため、配管長に着目して住戸専有面積と配管長との相関を調べた。その結果、一例として図２－３－５に示すように、専有面積と配管長との間には相関は認められなかった。

以上の結果より、ディスポーザ排水横枝管の配管設計の特徴は、住戸の部屋数、専有面積などの住戸設計プランに関係なく、集合住宅におけるPSの設置位置により大きく２分されることが判明した。そこで、水周り近傍にPSが設置される「住戸内PSプラン」と共用廊下部分にPSを配した「スケルトンインフィル（SI）プラン」でのディスポーザ排水の搬送特性を評価するために、ディスポーザ排水横枝管をモデル化した。図２－３－６にモデル配管の概要を示す。

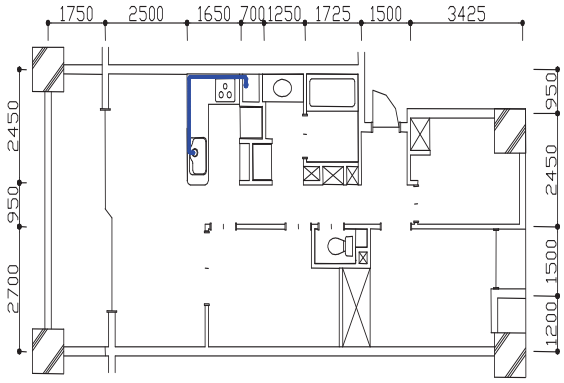


図２－３－１　集合住宅Ｂの住戸内配管プラン

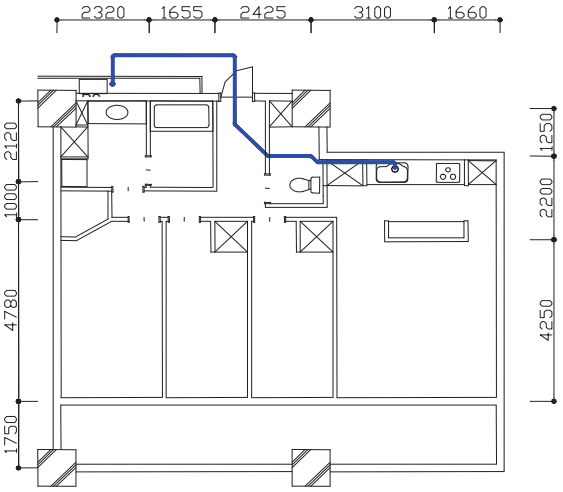


図２－３－２　集合住宅Ｄの住戸内配管プラン

2.3.3　まとめ

ディスポーザ排水システムが設置された集合住宅での、排水横枝管の設計事例における配管長や曲がり数の配管パターンを調査・層別し、モデル化を行った結果をまとめると次のようになる。

①ディスポーザ排水の搬送性能に影響を与える配管条件として、住宅のパイプシャフト(PS)の位置により、住居内の水周り近傍にPSのある「住戸内PSプラン」と、共用廊下側にPSのある「SIプラン」に層別できる。

②「住戸内PSプラン」では、配管長は５m以内、曲がり数は３ヵ所以内に収まり、1/50の配管勾配が確保されていた。

③「SIプラン」では、配管長は３～13m、曲がり数は１～７ヵ所と多岐にわたり、配管勾配は1/75または1/100であった。

④「住戸内PSプラン」、「SIプラン」の搬送特性を把握するためのモデル配管を設定した。

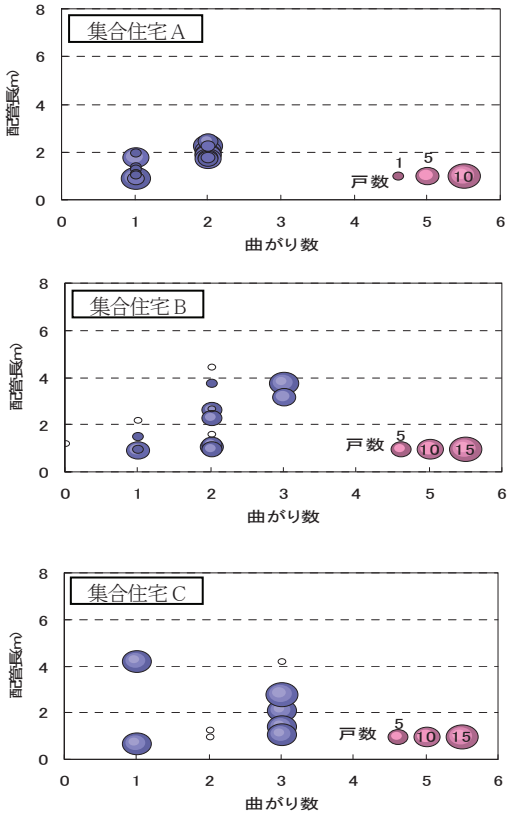


図２－３－３　各集合住宅における排水横枝管の配管長と曲がり数の分布（集合住宅Ａ～Ｃ）

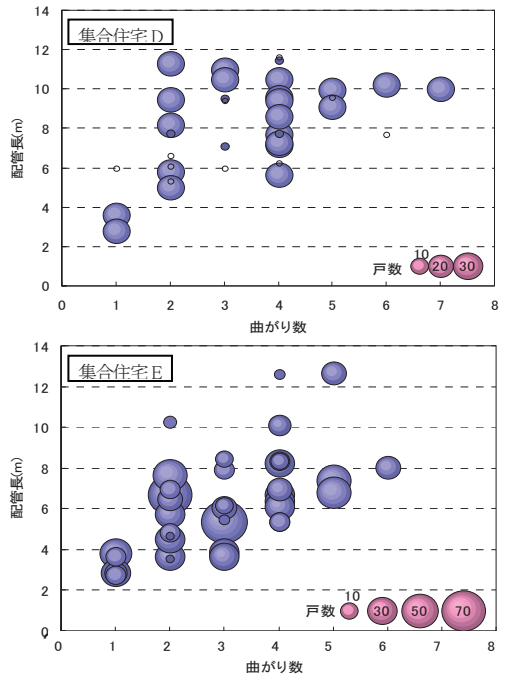


図２－３－４　各集合住宅における排水横枝管の配管長と曲がり数の分布（集合住宅Ｄ～Ｅ）

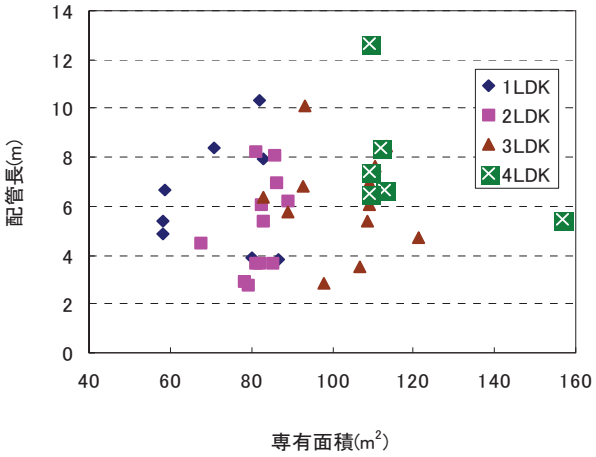
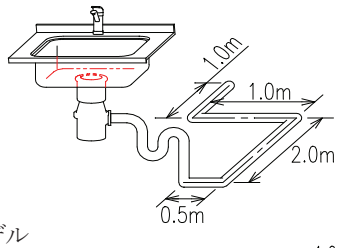


図２－３－５　集合住宅Ｅにおける配管長と専有面積との関係

(a) 住戸内 PS モデル
配管口径:50A
配管勾配:1/50
継手:LL



(b) SI モデル
配管口径:50A
配管勾配:1/100
継手:LL

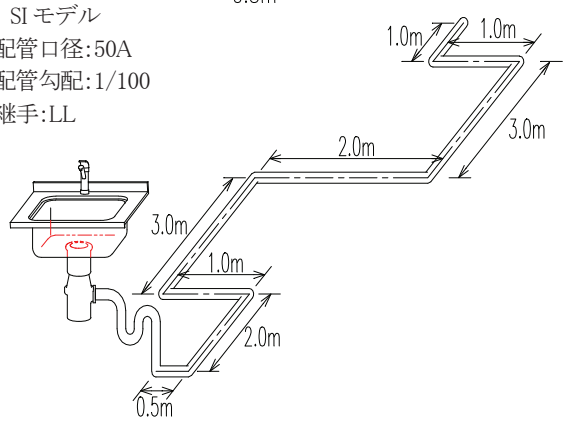


図２－３－６　実験用排水横枝管モデルの概要

３．排水搬送特性への影響因子評価

3.1　排水搬送特性に及ぼすディスポーザ機種・運転方法の影響

3.1.1　実験方法

（１）標準厨芥と供試ディスポーザ

ディスポーザの各種運転方法によるディスポーザ排水の搬送特性を調べるため、表３－１－１の標準厨芥を用いて搬送実験を行った。本標準厨芥の組成は、文献[5]によった。供試ディスポーザには、日本で市販されている家庭用の４機種を用いた。それらの仕様を表３－１－２に示す。

表３－１－１　建設省総合技術開発プロジェクト設定標準厨芥

組成	重量比(%)	構成物
野菜	36	ニンジン、キャベツ
果実	30	バナナ、リンゴ、 グレープフルーツの皮
鶏骨	8	モモまたは手羽
魚	10	アジ等小魚
卵の殻	2	
米飯	10	
茶殻	4	

（発生原単位:250g/人/日）

（２）粉砕粒径の測定

粉砕粒径はディスポーザ機種により異なるが、この粉砕粒径とその分布をディスポーザ排水の搬送特性のひとつの指標として捉えた。その測定は、旧建設省の総合技術開発プロジェクトに準拠して、以下のように行った。

表３－１－２　試験ディスポーザの仕様と特徴

ﾃﾞｨｽﾎﾟｰｻﾞ機種	A	B	C	D
破砕方式	ﾊﾝﾏｰﾐﾙ	ﾊﾝﾏｰﾐﾙ	ﾊﾝﾏｰﾐﾙ	ﾊﾝﾏｰﾐﾙ
厨芥処理方式	回分処理	回分処理	回分処理	回分処理
回転数(rpm:50/60Hz)	1450/1750	2600	1434/1726	1380/1640
ﾓｰﾀｰ	ｺﾝﾃﾞﾝｻ始動式単相誘導電動機	交流整流子電動機	分相始動式単相誘導電動機	ｺﾝﾃﾞﾝｻ始動式単相誘導電動機
定格消費電力(W)	700/800	420	404/386	600/570
破砕室容量(L)	1.4	1.1	1.2	1.6
全高(mm)	405	420	372	337
外径(mm)	183	220	176	186
質量(kg)	8.7	5.0	8.8	10.0

各ディスポーザに標準厨芥250gを投入して回分処理方式で粉砕し、５Lの水で洗い出した後、目開き13.2、5.60、3.35、2.00、1.00、0.60mmの６種のふるいにて、順次に３L/minの水を30秒かけながらふるい分け、ふるい上の残留成分を110℃、24時間乾燥し、その乾燥重量(%)を計測した。また、ふるい下の残留成分に関しても、乾燥重量として計測した。

（３）固体濃度の測定

ディスポーザで粉砕された厨芥は、ディスポーザ運転時に供給される搬送水により配管内を搬送されるが、搬送水中へ吐出される粉砕厨芥の速度と、給水量との比で配管搬送性に差が生じると考えられる。そこで、ディスポーザの各運転方法での搬送水中の粉砕厨芥濃度(以下、固体濃度と呼ぶ)を測定した。表３－１－２の各ディスポーザに排出管のみを接続し、標準厨芥250gを表３－１－３の処理条件にて粉砕処理して、粉砕時間、粉砕厨芥量を求め、粉砕厨芥量を粉砕時間内に給水した水量で除して、固体濃度を算出した。粉砕時間は、９割以上の厨芥の粉砕終了で粉砕音が大きく低下することから、ディスポーザ運転開始から粉砕音低下までの時間とした。粉砕厨芥量は、粉砕時間後にディスポーザ中に残存した量を回収して、投入量から減じた値とした。連続処理における給水量は、各ディスポーザの設計上の設定値である８L/min[5]と、女性モニター20人のディスポーザ使用実態調査[6]および集合住宅でのディスポーザ使用水量経年調査[7]で明らかとなった、ディスポーザへの平均給水量４L/minとした。また、連続処理におけるディスポーザへの厨芥の投入時間は、女性モニター５名による標準厨芥250ｇの粉砕時間を参考に、35秒に設定した。

表３－１－３　ディスポーザの運転方法

運転方法	給水量*(L/min)	運転方法**
手動給水・連続処理	4	シンクキャビネット水栓より所定量の上水を給水しながら、ディスポーザを起動し、シンク面の厨芥を手で順次ディスポーザへ投入
手動給水・連続処理	8	
手動給水・回分処理	4	ディスポーザにあらかじめ厨芥を投入後、シンクキャビネット水栓より所定量の上水を給水しながら、ディスポーザを起動
手動給水・回分処理	8	
自動給水・回分処理	ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ給水	ディスポーザにあらかじめ厨芥を投入後、自動運転をスタート

＊　給水量　:4L/min□日本におけるディスポーザの使用条件調査結果の平均値[6]
8L/min□米国型運転方法の設計上の設定値
プログラム給水□図３−１−７に示す

＊＊運転方法:手動給水は粉砕厨芥が配管を流れきるまで給水

（４）搬送特性の測定

排水の搬送特性として、管内流速と流深をパラメータとした。管径50Aの透明塩化ビニル配管を、図３－１－１に示すように、１m、１m、３mのピッチで90°LL継手で接続し、配管勾配1/50で支持して実験用の配管系とした。この配管系において、流速と流深の測定は、３mピッチ直管部の継手より１mの場所(図３－１－１中の計測位置)に、配管と水平な位置に設置したビデオカメラで撮影し、画像データをデジタル処理して

コンピュータ上で画像計測を行った。撮影時には、配管の背後に高さ方向10mm、長さ方向100mmでピッチを刻んだスチール板を置き、排水の流動状態を目視にて確認し、粉砕厨芥が100mm通過するのに要する時間を1運転あたり5回計測し、その平均値を流速とした。流深は、排水の最大流深をその画像から計測した。

また、厨芥の粉砕開始から下流端に至る到達時間より平均流速を算出した。

参考のため、固体濃度0kg/m³の時の流速および流深を、給水量8L/minおよび4L/minのそれぞれにおいて、プラスチックビーズをマーカーとして投入して測定した。

・配管口径：50A
・配管勾配：1/50
・継手：90° LL

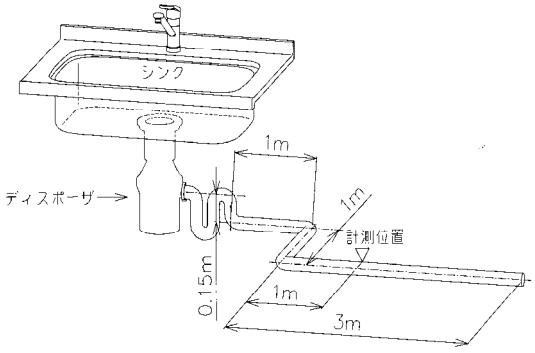


図3－1－1　実験装置図

表3－1－4　ディスポーザ排水の配管内固体濃度と配管系搬送性

No.	ディスポーザ [粉砕粒径*]	運転方法	給水量 (L/min)	粉砕時間 (sec)	固体濃度 (kg/m³)	配管搬送性**
①	A [2.4 mm]	手動給水･連続処理	4	35	107	○
②		手動給水･連続処理	8	35	54	○
③		手動給水･回分処理	4	13	287	×
④		手動給水･回分処理	8	12	156	○
⑤		自動給水･回分処理	ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ給水	12	88	○
⑥	B [2.8mm]	手動給水･連続処理	4	35	107	○
⑦		手動給水･連続処理	8	35	54	○
⑧		手動給水･回分処理	4	16	234	×
⑨		手動給水･回分処理	8	11	170	○
⑩	C [2.1]	手動給水･連続処理	4	35	107	○
⑪		手動給水･連続処理	8	35	54	○
⑫		手動給水･回分処理	4	15	250	×
⑬		手動給水･回分処理	8	11	170	○
⑭	D [1.3]	手動給水･連続処理	4	35	107	○
⑮		手動給水･連続処理	8	35	54	○
⑯		手動給水･回分処理	4	15	250	×
⑰		手動給水･回分処理	8	12	156	○

＊ 粉砕粒径……メジマン径
**配管搬送性:○…配管内残存物なし、
×…配管内に粉砕厨芥残存

3.1.2　結果と考察

（1）ディスポーザ運転方法と搬送特性

各種運転方法による固体濃度と配管搬送性の結果を表3－1－4に示す。なお、配管搬送性の判断は、金子らの研究[8)]での判定方法に準拠し、卵殻、鶏骨の管内残留が多量の場合を×判定とした。

連続処理では、ディスポーザでの厨芥の粉砕速度は、使用者による厨芥のディスポーザへの投入に要する作業時間に支配され、ディスポーザの機種や給水量の影響を受けないことがわかった。そのため、移送水中の固体濃度は54～107kg/m³と薄く、図3－1－2に示すように、移送水中に均一に分散していることがわかった。

一方、回分処理では、ディスポーザ内にあらかじめ投入された厨芥が粉砕の開始と同時に配管中に高濃度で吐出され、本実験条件下では図3－1－3に示すように、ディスポーザ内の厨芥のほぼ全量が先頭部に集中して偏在し、高濃度の粉砕厨芥のスラリー部が形成されることが観察された。回分処理ディスポーザでの厨芥の粉砕時間より求めた固体濃度は、高濃度スラリー部の固体濃度とみなすと、その濃度は200kg/m³前後となり、連続処理の2～5倍もの高濃度となった。固体濃度と流速、流深との関係を図3－1－4に示す。

配管内のディスポーザ排水の観察において、実験条件下での連続処理方式の場合、流深は排水の流れ方向（先頭から後尾）で差はなく、かつ10mm前後と固体濃度の影響は小さかった。一方、回分処理方式では、先頭部の流深が濃度に依存して大きくなることがわかった。

固体濃度の上昇による最大流深の増加は、排水中の粉砕厨芥粒子間の摩擦などによるスラリーの流動性低下のためと推察され、排水の流速も固体濃度に対して負の相関が認められた。図3－1－4中に示した計測位置における流速と、配管全体での平均流速との比較を図3－1－5に示す。観察において、流速は配管の下流側ほど加速する現象が認められ、平均流速は、配管の中心より後方にある計測位置流速より遅くなった。これにより、高濃度スラリー部内の粒子の流動にともなって分散が促進され、流速が加速した可能性が示唆された。その一方で、図3－1－5中③の条件下では、排水がほぼ満管状態となり、急速な流速低下が認められた。今後、配管内速度分布、固体濃度分布などについてさらなる研究が必要である。

流深の大きさは、一定の条件下では位置エネルギーの増加として流速を加速させるが、ディスポーザ排水のように粉砕厨芥が分散する排水では、固体濃度が濃くなった結果、粉砕粒子と配管壁面との摩擦が大きくなり、流

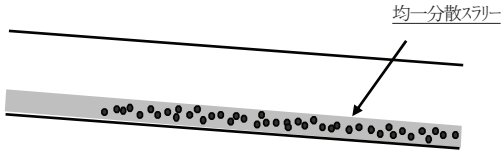


図３－１－２　手動給水・連続処理ディスポーザ排水の配管搬送状態モデル図

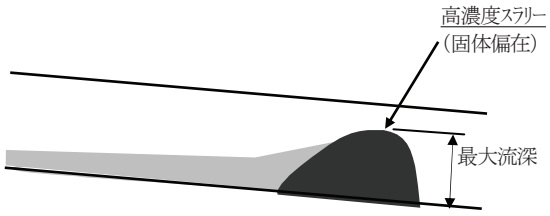


図３－１－３　手動給水・回分処理ディスポーザ排水の配管搬送状態モデル図

速が低下したものと推察される。固体偏在による最大流深の増加、流速の低下は、南らの報告[9]と一致するが、本研究により固体濃度の影響として、流動性をモデル化できる可能性が見いだされた。しかし、モデル化のためには、粉砕厨芥分散排水のレオロジー特性に関する研究が今後必要である。

ディスポーザ排水の流速への固体濃度の影響は大きく、連続処理型のディスポーザを回分処理する日本型の運転方法では、配管内に高濃度でかつ配管内上面にまで届くほどの高さのスラリー部が形成され、搬送性能が大きく阻害されることが明らかとなった。

（２）粉砕粒径と搬送特性

試験に使用した４種のディスポーザでの粉砕厨芥の粒度分布を図３－１－６に、平均粒径を表３－１－４に示す。機種によりメジマン径が1.3mmから2.8mmまで差があることがでの流速わかる。これらのディスポーザ排水の流速は、図３－１－４、３－１－５に示すように、粉砕粒径の異なるディスポーザにおいても流速と固体濃度との一定の関係に収束しており、粉砕粒径による差は認められないことがわかった。

以上の結果より、ディスポーザで粉砕した厨芥の配管内流動性の確保のためには、固体濃度を低く抑えることが重要で、十分な給水、特に回分処理方式では前述の総合技術開発プロジェクトで示された給水量８L/minの確保が重要と考えられ、ディスポーザ機種による粉砕粒径の影響は小さいことが明らかとなった。

本実験条件下では、各ディスポーザでの回分処理で、４L/min給水時においてのみ全て、LL継手の手前に卵殻と鶏骨の堆積が生じた。なお、空気調和・衛生工学会規格の給排水設備規準では、排水横枝管内流速は、比重２以上の土砂などの管内への堆積を防止することを目的に、0.6m/s以上が必要とされているが、ディスポーザ排水においては、0.3m/s前後の平均流速でも粉砕厨芥が配管内を堆積なしに排出されることが確認された。ディスポーザ排水は、配管口径50A前後の配管を満流とならない条件下で、かつ比重１前後、直径２mm前

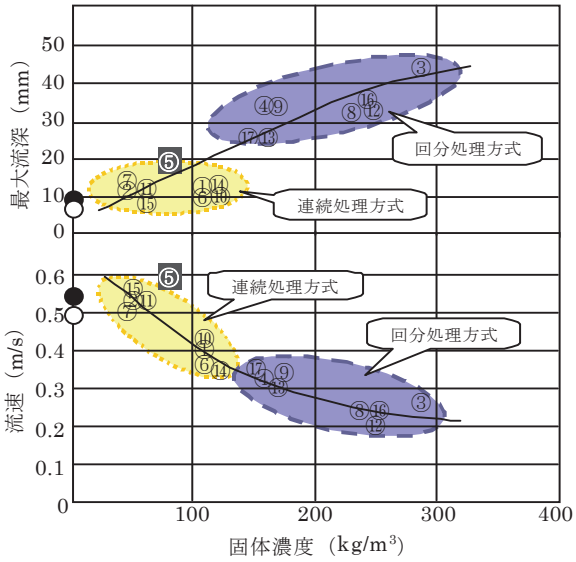


図３－１－４　ディスポーザ排水の流速、流深と固体濃度との関係

流速測定位置:図３−１−１参照
図中番号:表３−１−４に対応
●…8L/min　○…4L/min

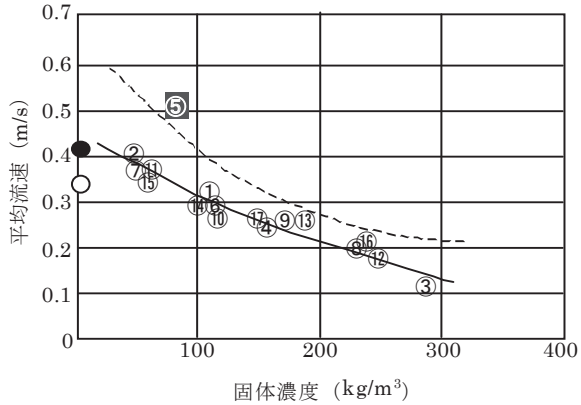


図３－１－５　平均流速と固体濃度との関係

図中番号:表３−１−４に対応
●…8L/min　○…4L/min
―――;平均流速　－ － －;計測置での流速

後の厨芥が流動することを考えると、ディスポーザ排水の搬送必要最低流速は0.6m/s以下でも十分と考えられた。しかしながら、本実験が配管長も短く、配管表面の汚損もない理想条件下での実験結果であるため、ディスポーザ排水の必要最低流速を判断するためには、今後の更なる検討が必要である。

（３）自動給水機構付きディスポーザの搬送特性

上記試験結果を踏まえて、回分処理に適した自動給水機構付きディスポーザの給水プログラムを作成し、それによる固体濃度と搬送特性を調べた。自動給水運転をしたディスポーザは、粉砕粒径が二番目に大きかった表３－１－２中のＡ機種を使用した。結果を表３－１－４の⑤に示す。ディスポーザへの給水は、運転開始時に高濃度の粉砕厨芥が配管に吐出されることに対応して、初期

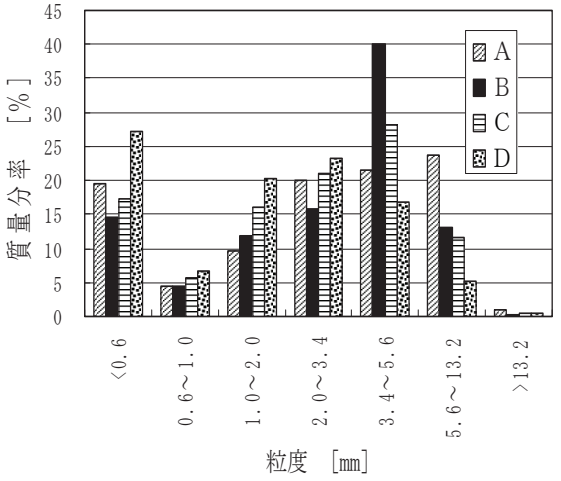


図３－１－６　ディスポーザ粉砕厨芥の粒度分布

に多流量の給水で固体濃度の希釈を行い、粉砕終了時にトラップ部に残存する卵殻などの比重の大きなごみを洗い出すための多流量給水[3)]を行うプログラム給水とした（図３－１－７）。また、ディスポーザの運転中に給水を停止すると、ディスポーザ粉砕部のポンプ作用により水が吐出されトラップ部の水封が切れること、および、ディスポーザ運転停止後であっても連続給水の停止時にトラップ内の水が持ち出され、封水深が浅くなることが確認されたため、トラップ封水供給をプログラムの最終部に付加した。

本給水プログラムを付加したディスポーザでの標準厨芥の回分処理では、固体濃度は88kg/m^{3}と、連続処理時の54～107kg/m^{3}と同等の値になることが確認され、ディスポーザ排水の配管内流速に関しても図３－１－４、３－１－５の⑤に示すように、３m位置で0.62m/s、平均流速で0.50m/sと連続処理と同等以上の流速が確保され、良好な流動性が得られた。以上の結果からも、配管流動性の確保には配管内での固体濃度の管理が重要であることがわかった。

3.1.3　まとめ

ディスポーザ排水配管における流動・搬送特性に及ぼす支配因子の実験・解析結果をまとめると、本実験条件下では次のようになる。

①ディスポーザ排水の配管搬送性は、種々の機種を用いた実験からディスポーザから吐出される固体と給水流量の比で決まる排水中の粉砕厨芥濃度（固体濃度）に支配され、粉砕粒径の影響は小さいことがわかった。

②日本で一般的になりつつあるディスポーザの運転方法である回分処理においては、総合技術開発プロジェクトの推奨給水量８L/minでは流動性は確保されるが、使用者の平均的給水量である４L/minの時は、米国で一般的な連続処理よりディスポーザ排水中の固体濃度は２～５倍高濃度となり、配管搬送性が著しく阻害されることがわかった。なお、連続式においては使用者平均給水速度においても流動性が確保されることがわかった。

③ディスポーザの運転開始時に多流量給水して固体濃度を希釈するプログラム給水をすることで、回分処理でも連続処理と同等の0.5m/s以上の平均排水流速が得られた。

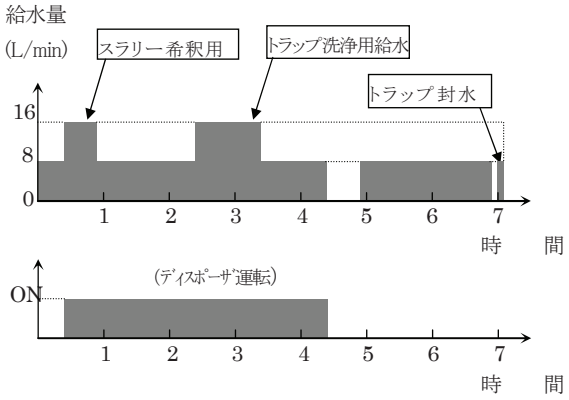


図３－１－７　自動給水ディスポーザ運転プログラム

3.2　排水搬送特性に及ぼす排水配管プランの影響

3.2.1　実験方法

（１）配管モデルの搬送特性

第２章「2.3　ディスポーザシステムを設置した集合住宅の配管プランの層別」で設定した配管モデルについて、配管口径50Aの透明塩化ビニル配管を透明LL継手で接続し、排水流速を測定した。排水流速は排水中の分散生ごみ粒子に着目し、ディスポーザからの排出開始から、管最終端到達までの時間計測から求めた。また、ディスポーザ排水の流下試験を繰り返し、配管内に残存した堆積物の成長の有無を観察した。実験配管モデルを図２－３－６に示す。

供試ディスポーザは、表３－２－１に示す全自動型と手動給水型を用いた。手動給水型では、４、６および８L/minの各流量で水道水を給水して標準生ごみ250ｇを粉砕し、厨芥の粉砕開始から下流端に至る到達時間を計測し、平均流速を算出した。各実験は３回繰り返し、その平均値を求めた。

3.2.2　結果と考察

（１）ディスポーザ排水の搬送特性

図２－３－６に示した配管モデルを用いて、ディスポーザ排水の搬送特性を調べた。短配管系である「住戸内PSプラン」では、ディスポーザシステムの認証基準となっている８L/min[13)]の給水流量において、全ての粉砕ごみが遅滞なく排出された。また、使用実態調査で明らかとなった使用者平均給水流量４L/min[6)、7)]では、継手の上流側に卵殻の堆積が認められた（表３－２－２）。この堆積卵殻は、ディスポーザでの生ごみ繰り返し処理で、堆積物が次の粉砕生ごみの流動時に掃き出され、堆積が成長しないことが、繰り返し粉砕時の観察結果から明らかとなった。堆積卵殻の一例を図３－２－１に示す。なお、配管搬送性の判断は、金子らの研究[8)]での判定方法に準拠し、配管内残存物なしから配管閉塞までの４段階で評価し、配管内にわずかに残存する程度とは、次回のディスポーザ排水で排出されるものとした。

「SIプラン」でのディスポーザ排水の搬送特性を表３－２－２に示す。手動給水で給水流量が少ないと、図３－

表３－２－１　供試ディスポーザの概略

ﾃﾞｨｽﾎﾟｰｻﾞの種類	全自動型	手動給水型
粉砕方式	ハンマーミル	
厨芥処理方式	回分処理	
回転数 (rpm:50/60Hz)	1450/1750	
モーター	ｺﾝﾃﾞﾝｻ始動式単相誘導電動機	
定格消費電力 (W)	700/800	
粉砕室容量(L)	1.4	
全高(mm)	405	
外径(mm)	183	
質量(kg)	8.7	
給水方式	ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ給水	手動給水（水道より適量を給水）
運転方法	全自動	給水と同時にふたスイッチ機動、3秒後にモーター稼働開始。粉砕音終了とともにふたスイッチ停止。さらに 20 秒後に給水停止。

２－２に示すように、ディスポーザ排水の先頭部の固体濃度が高くなり、配管搬送特性を阻害することは文献[1)]に記したとおりであるが、緩勾配、長配管の「SIプラン」ではその影響が顕著となり、配管曲がり部での流動抵抗により流速が減衰し、流動先頭部で満流状態となって流動が停まり、閉塞状態を生じた。表３－２－２に各給水条件下での停止位置を示す。なお、緩勾配長配管での配管搬送性能を確保するために、プログラム給水する全自動給水型のディスポーザの場合は、本実験配管においては問題なくディスポーザ排水が排出された。

以上より、ディスポーザ排水の搬送性能には、配管勾配、配管長、曲がり数などの配管プランが大きく影響することがわかった。配管長が短く、1/50の勾配が確保できる住戸内PSプランにおいては、手動給水型ディスポーザの場合、ある程度の搬送性能が確保されているものの、給水流量が少ない条件では配管内に卵殻などが堆積することが認められた。長期使用時の機能保全のためには、使用者に対して適正な給水量でディスポーザを使用するよう教育・広報活動を実施するとともに、使用者が適正な給水量の目安を判断できるよう装置的工夫を設けることが重要であると考えられる。また、ディスポーザ排水横枝管が緩勾配・長配管となるSIプランにおいては、ディスポーザ側で固体濃度を下げて配管流動性を向上させる手段をとることが必要である。

3.2.3　まとめ

前2.3項で設定した２つの住戸内排水横枝管のモデル配管について排水搬送性を調査した。実験条件下で得られた結果をまとめると次のようになる。

表３－２－２　ディスポーザ排水の平均流速と搬送特性

ディスポーザ給水流量	手動給水型			全自動型
	4L/min	6L/min	8L/min	
住戸内 PS プラン 勾配:1/50	0.17m/s ○	0.29m/s ◎	0.32m/s ◎	0.63m/s ◎
SI プラン 勾配:1/100	4.0m ×	8.5m ×	8.5m ×	0.49m/s ◎

配管搬送性:◎----配管内残存物なし
○----配管内に卵殻などわずかに残存
▲----配管内に多量の残存
×----配管閉塞（この場合の上段数値は閉塞位置を示す）

図３－２－１　配管内残存卵殻

（住戸内 PS 配管モデル　第3曲がり部）
・手動給水ディスポーザ:4L/min 給水時
・標準生ごみ 250g粉砕時

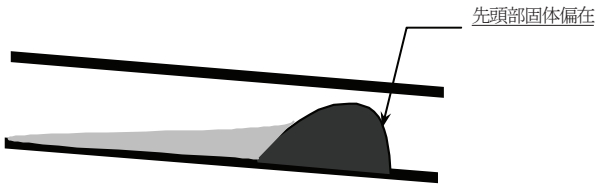


図３－２－２　少給水流量時における流動先端部の停滞状況の概念図

①「住戸内PSプラン」では、配管長は５m以内、曲がり数は３ヵ所以内に収まり、1/50の配管勾配が確保されていた。このモデル配管において、本実験条件下では、手動給水型のディスポーザは搬送性能が確保できることが確認された。

②「SIプラン」では、配管長は３～13m、曲がり数は１～７ヵ所まで多岐にわたり、配管勾配は1/75または1/100であった。

このモデル配管において、本実験条件下では、手動給水型のディスポーザは堆積物が配管内に残留し閉塞すること、自動給水型ディスポーザは堆積物の残留がないことが確認された。これにより、手動給水型のディスポーザの場合、ディスポーザ側で固体

濃度を下げて配管流動性を向上させる手段が必要なことがわかった。

3.3　ディスポーザ排水中の卵殻の搬送特性

3.3.1　実験・調査方法

（１）粉砕厨芥掃流流速の測定

①粉砕厨芥片の掃流実験

排水横枝管内における粉砕厨芥片の挙動を確認するため、卵殻片などの掃流実験を行った。

任意の大きさの卵殻７枚を選び、面積、厚みおよび重量を測定して比重を求めた。配管口径50Aの清浄な透明塩ビ管（VP管）を使用して、図３－３－１に示すような実験用配管（勾配1/100）を用意した。実験用配管の管底部を清水で湿らせ、配管の最下端から３ｍの位置に、比重を求めた卵殻のうちの１枚を清水で湿らせ静置した。清水の流量を徐々に増加させながら流し、卵殻片が移動したときの流量（限界掃流流量）を把握した。なお、清水を配管内に流した場合、流入部に近い部分では水深が脈動し流量が不安定であるため、図３－３－１の配管に清水だけを流して予備実験を行い、清水の流量を徐々に増加させた時に、どの流量でも水深が安定し定常状態となる点を求め、卵殻片の静置位置とした。比重を求めた卵殻７枚について、１枚ずつ配管内に静置し、各々の卵殻片について３回ずつ測定を行った。各測定時には配管内に堆積物などが残っていない清浄な状態であることを確認した。また、人参片を用いて同様の実験を実施し、流動性の違いについて調べた。

②粉砕厨芥塊状物の掃流実験

ディスポーザで粉砕した卵殻などが塊状で配管内に堆積した状態における掃流と流速との関係を把握するため、通水流量の増加にともなう粉砕厨芥塊状物の掃流状況の観察を行った。

ディスポーザは国内で市販されている一括粉砕処理（回分処理）・手動給水タイプのものを使用し、卵殻20.0gを粉砕して回収した。画像解析により卵殻１枚ずつの面積を求め、相当径を計算した。図３－３－１の実験用配管の管底部をあらかじめ清水で湿らせ、最下端から2.5mの位置に、ディスポーザ粉砕後の卵殻を清水で湿らせ、幅約３cm、管軸方向長さ約12cm、厚さ約１cmの塊状で静置した。清水の流量を0.5L/minずつ増加させ、卵殻がすべて流下した時の流量を把握した。測定は３回行い、各測定時には配管内に堆積物などが残っていない清浄な状態であることを確認した。同様の実験を人参20.0gでも実施し、流動性の違いについて調べた。

（２）曲がり部における水深変化の測定

排水横枝管におけるディスポーザ排水の搬送性能調査によると、配管の曲がり部およびその上流側における卵殻などの堆積が確認されていることから[11]、曲がり部における水深の変化を測定し、流速との関係および卵殻の搬送性に与える影響について調べた。

長さ３ｍのVP管と長さ0.5ｍのVP管（いずれも配管口径50A）を大曲エルボ（LLエルボ）で接続し、勾配1/100において流量８L/minで清水を流した場合の、LLエルボの上流側における水深の実測を行った。なお、

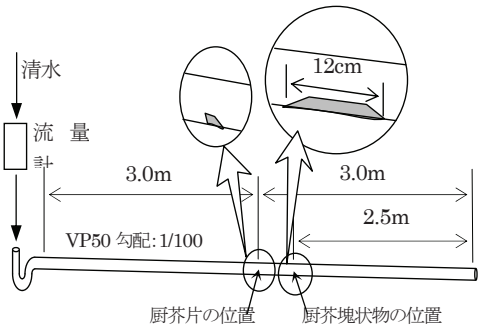


図３－３－１　掃流実験用配管概略図（断面図）

水深の測定には金尺を用い、管軸と鉛直方向の水深を直読した。

（３）卵殻の堆積による繊維質粉砕ごみの搬送性への影響

配管閉塞などのトラブルを誘発する要因としては、過酷な配管設計条件や適切でない給水条件など、様々な要因が考えられるが、貝殻などの比重の大きな厨芥が配管内に堆積している状態で、繊維質の強い生ごみを粉砕して流した場合、繊維質の強いごみが堰を構成し、その掃流効果によって堆積していた貝殻が集積され、配管閉塞を引き起こす現象も確認されている[2]。そこで、卵殻が配管内に分散して堆積した状態で繊維質の強い生ごみを粉砕した場合に同様の現象が確認されるかどうか、再現実験を行った。

南らの報告[11]では、配管長14m、曲がり数８、勾配1/100の配管条件において、給水流量４L/minで標準生ごみを粉砕したときに、曲がり部の上流側で卵殻などの残存が特に多く認められ、ため排水を２回繰り返しても完全に搬送できないことが確認されている。そこで、本研究では、配管口径50AのVP管を使用して図３－３－２に示すような全長13.5m、曲がり数７、勾配1/100の実験用配管を作成し、給水流量４L/minの条件で標準生ごみ250gをディスポーザで粉砕する操作を20回繰り返して行い、卵殻が配管内に分散して堆積した状態を再現させた。この状態で、枝豆の皮200gをディスポーザにて粉砕し、配管内における卵殻および粉砕された枝豆の皮のごみの流動状態について観察した。なお、枝豆の皮を粉砕した時の給水量は、ディスポーザシステムの認証基準となっている８L/minの給水量[5]とした。

3.3.2　結果と考察

（１）粉砕厨芥掃流流速の測定結果

①粉砕厨芥片の掃流実験

粉砕厨芥片の掃流実験に用いた卵殻片の物性値を表３－３－１に示す。比重の平均値は2.18g/cm^{3}であり、野菜類の比重の報告値[2]である0.7～1.2g/cm^{3}や、当実験で求めた人参の比重1.04g/cm^{3}と比較してかなり大きく、堆積しやすいと考えられる。また、殻の厚みの平均値は0.37mmであった。

卵殻片の重量と限界掃流流量との関係を図３－３－３に示す。卵殻片の重量が大きいほど、限界掃流流量は大きくなる傾向がみられた。

実験で明らかになった限界掃流流量をもとに、掃流時

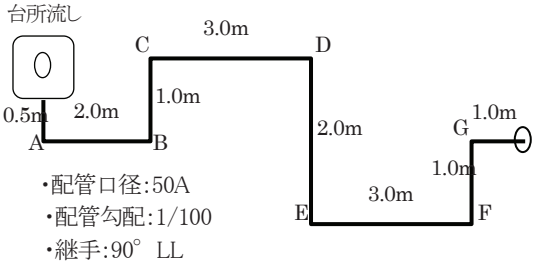


図３－３－２　堆積実験用配管概略図（平面図）

の流速および摩擦速度を式(1)に示すマニングの平均流速公式および式(2)に示す摩擦速度の式から計算で求めた。

$$Vm = \frac{1}{n}\delta^{\frac{1}{2}}R^{\frac{2}{3}} \quad \cdots(1)$$

$$U_* = \sqrt{gR\,\delta} \quad \cdots(2)$$

Vm ：平均掃流流速［m/s］
n　：マニングの粗度計数［s/m$^{1/3}$］（塩化ビニル管：0.01）
δ　：勾配
R　：径深［m］
U*　：摩擦速度［m/s］
g　：重力加速度（9.8［m/s2］）

卵殻片の重量と平均掃流流速および摩擦速度の関係を図３－３－４に示す。卵殻片の平均掃流流速は約0.2～0.3m/sであり、摩擦速度は0.025m/s程度必要なことがわかった。山口らが矩形の開水路において行った卵殻の掃流実験によると、卵殻片の掃流に必要な摩擦速度は0.03m/s程度と報告されていることから[17]、　本研究における実験結果もほぼ同じであることが確認された。

②粉砕厨芥塊状物の掃流実験

ディスポーザで粉砕した卵殻の相当径の累積分布を図３－３－５に示す。この結果より、相当径1.5mm以上に全体の約50％が存在していることがわかった。なお、山口らの報告においては1.4mm以上に全体の約50％が存在していると報告されていることから、本研究においてもほぼ同様であることが確認された。

卵殻塊状物の掃流実験において、卵殻がすべて流下し

表３－３－１　流動実験に用いた卵殻片の物性

卵殻 No.	面積 (mm^2)	厚み (mm)	重量(g)	比重(g/cm^3)
1	28.9	0.36	0.026	2.50
2	7.1	0.36	0.006	2.35
3	109	0.37	0.069	1.71
4	9.4	0.36	0.006	1.77
5	4.0	0.40	0.004	2.50
6	42.2	0.37	0.035	2.24
7	19.8	0.37	0.016	2.18
平均	31.5	0.37	0.023	2.18
参考 :人参	16.0	4.0	0.067	1.04

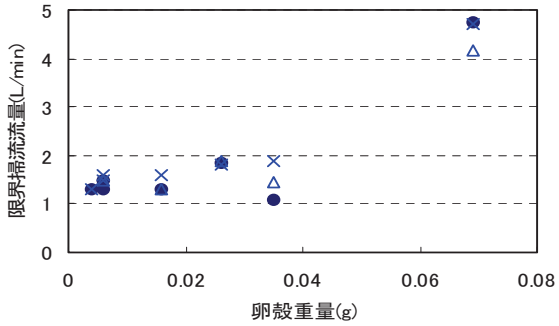


図３－３－３　卵殻片の重量と限界掃流流量との関係

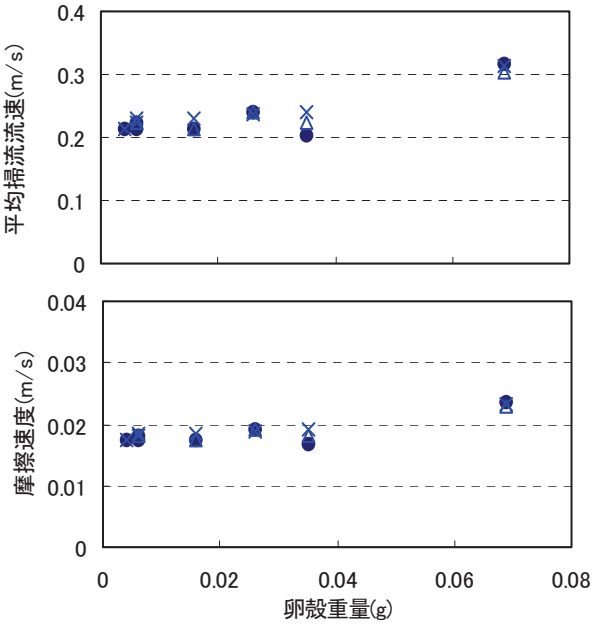


図３－３－４　卵殻片の重量と平均掃流流速および摩擦速度との関係

公式より求めた平均掃流流速を表３－３－２に示す。塊状の卵殻を掃流するには、掃流流量3.7L/min、平均掃流流速0.29m/s以上が必要であることがわかった。一方、人参片を用いて同様の実験を行った場合の掃流流量は0.4L/minで、平均掃流流速0.14m/sと卵殻の半分の流速で完全に掃流されたことから、掃流流速に卵殻とは大きな差があることが明らかとなった。

（２）曲がり部における水深変化

直管をLLエルボで接続し通水したときの曲がり部における水深の測定結果を図３－３－６に示す。曲がり部の上流側20cm付近から水深が増加し始め、曲がり部の直前では直管部の２倍近くにまで達することが確認された。

流路の断面積は式(3)で求められ、図３－３－７に示すとおり、水深が増加するに従って大きくなる。

一方、流量は流路の断面積と流速の積で求められることから、給水流量が一定の場合は、曲がり部の上流側で水深が増加すると流路の断面積が大きくなり、ディスポーザ排水の流速が小さくなる。ディスポーザの給水量としては８L/minが認証基準となっているが[5]、配

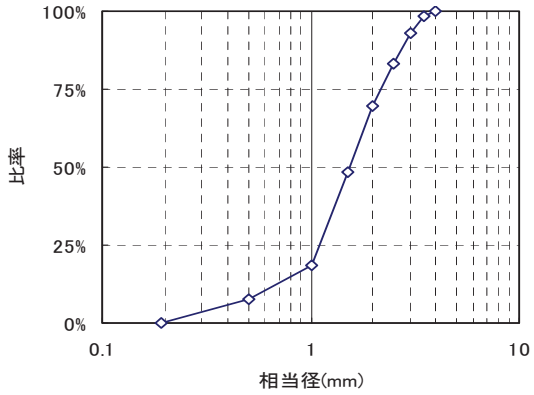


図３－３－５　粉砕卵殻の相当径の累積分布

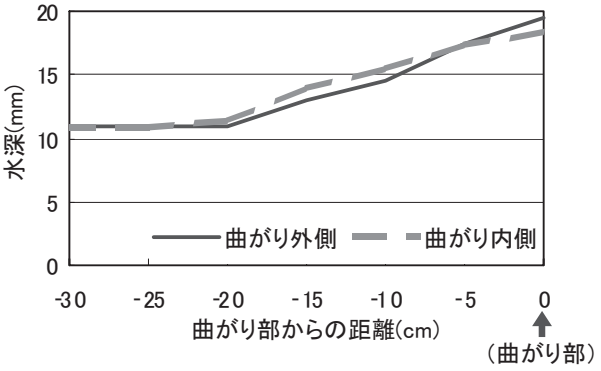


図３－３－６　曲がり部からの距離と水深との関係

表３－３－２　卵殻塊状物流動実験における掃流流量と平均掃流流速

	掃流流量(L/min)	平均掃流流速(m/s)
1回目	4.0	0.30
2回目	3.5	0.29
3回目	3.5	0.29
平均	3.7	0.29

$$A = 2 \times \left\{ \pi r^2 \times \frac{\theta}{2\pi} - \frac{(r-h) \times (r-h) \tan \theta}{2} \right\}$$

…(3)

A ： 流路の断面積[m²]
R ： 管の半径[m]
h ： 管軸に垂直に測った水深[m]
θ ： 図3−3−7 に示す角度[rad]

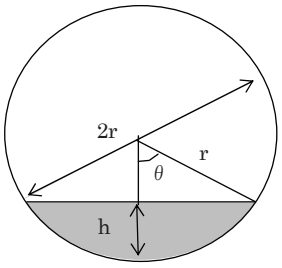


図３－３－７　流路の断面積

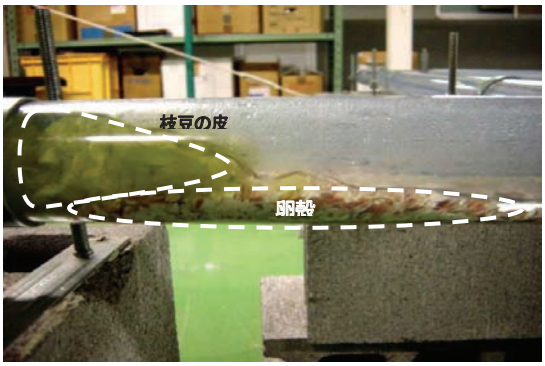


図３－３－８　卵殻堆積による繊維質ごみ配管閉塞状況

管口径50A、勾配1/100のVP管において８L/minの流量で通水した時の平均流速を、式(1)に示すマニングの平均流速公式より求めると0.37m/sとなり、この時の流路の断面積を計算すると$3.6 \times 10^{-4}m^2$、水深は約12mmとなる。曲がり部の上流側において水深が２倍になった場合の流路断面積を求めると$9.6 \times 10^{-4}m^2$となり、直管部の約2.7倍になることから、曲がり部上流側の流速は前項で求めた卵殻の平均掃流流速以下に小さくなり、卵殻堆積の可能性が高くなることが推察された。

（３）卵殻の堆積による繊維質粉砕ごみの搬送性への影響

ディスポーザ配管閉塞モデルとして、配管内に堆積した卵殻が大量の粉砕厨芥に押し集められ堰を形成するモデルを想定し、再現実験を行った。卵殻が配管内に分散して堆積した状態で、繊維質の強い生ごみ（枝豆の皮）をディスポーザで粉砕し流したところ、図３－３－８に示すとおり、図３－３－２の配管概略図における曲がりCからDの間で卵殻を押し寄せるようにして配管が閉塞する現象が確認された。これより、卵殻の堆積が配管閉塞を誘発する要因のひとつとなっていることが推察された。

3.3.3　まとめ

ディスポーザ排水中に含まれる卵殻の排水横枝管における搬送特性の調査により掃流条件を明らかにし、さらに配管閉塞の再現実験を実施した。結果をまとめると、本実験条件下では次のようになる。

①配管口径50Aの直管で卵殻片および卵殻塊状物の掃流実験を行ったところ、卵殻は通常の野菜などの生ごみと比べて比重が大きく、流動させるには平均掃流流速0.3m/s程度必要であることがわかった。

②配管口径50Aの直管をLLエルボで接続し、通水した場合の曲がり部における水深変化を測定したところ、曲がり部の上流側で水深が増加することから、排水の流速が小さくなり、卵殻堆積の危険性が高まることが示唆された。

③卵殻が配管内に分散して堆積した状態で、繊維質の強いごみをディスポーザで粉砕して流した場合、卵殻によって繊維質の強いごみの搬送性が阻害され、配管閉塞の危険性が高まることが示唆された。

3.4　排水横枝管における排水搬送性への影響因子解析

3.4.1　調査・実験方法

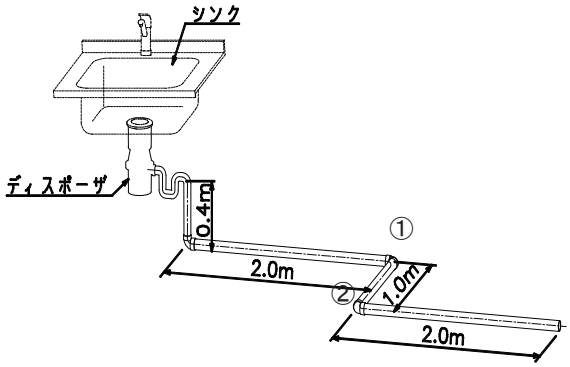
（1）配管勾配および操作条件の排水搬送性への影響

卵殻の排水横枝管内における堆積が繊維質の強いごみによる配管閉塞を誘発する現象については、前項3.3にてその再現性を確認した。しかしながら、配管設計条件や給水流量による搬送性能への影響や、ディスポーザによる粉砕を繰り返した場合の、粉砕生ごみの堆積量の変化については十分に検討されていなかった。そこで、モデル配管を用いて、ディスポーザ排水の搬送性実験を行った。

配管口径50Aの清浄な透明塩化ビニル管（VP管）と大曲エルボ(LLエルボ)を使用して、図３－４－１に示すような実験用配管を用意した。ディスポーザは表３－４－１に示す手動給水型のものを使用した。ディスポーザ粉砕用の生ごみは、前述の下水道協会による性能基準(案)に規定された標準生ごみ250gを使用した。実験用配管の勾配を1/50、1/75、1/100の３通りに設定するとともに、粉砕時の給水量を４、６、８L/minの３通りに設定し、ディスポーザ排水の平均流速の差異および配管内の堆積状況について検討した。

（2）粉砕繰り返しによる配管内堆積状況への影響

ディスポーザによる生ごみ処理を繰り返すことにより、配管内の堆積物がどのように増減するのかを調べるため、前項にて明らかとなった卵殻堆積が起こる条件において、標準生ごみの粉砕を１回から10回まで繰り返した場合の配管内残存物量の差異について検証した。また、標準生ごみから卵殻を除いたものを同様に繰り返して処理した場合の、配管内残存物量についても検証し、卵殻の有無による配管内の堆積物の沈積状況への影響についても検討した。さらに、１回目は卵殻ありの標準生ごみ、２回目は卵殻なしの標準生ごみ、と、偶数回と奇数回で卵殻の有無を変えた場合における配管内への堆積物への影響についても検討した。



・配管口径:50A　・継手:90° LL
・配管勾配:1/50、1/75、1/100

図３－４－１　実験用配管図

（3）排水継手種類の排水搬送性への影響

ディスポーザ排水が排水配管内を流下するとき、継手部の流下抵抗により継手上流で減速し、同位置に卵殻などの比重の大きな粉砕ごみが堆積することは、前項3.3で示した。継手部での減速の程度や継手種類の影響についての報告事例や公開技術情報はないものの、給排水設備業界では曲率の大きなLL継手が小さなDL継手よりも配管抵抗が少ないとの理由で、使用が奨励されている。そこで、前項3.3での排水流下速度プロフィール測定実験に準拠して、排水流速への継手種類の影響を調べた。

実験は前項3.3と同様に図３－４－２（モデルA）に示す配管口径50A、配管勾配1/100、配管長13.5m、曲がり数７、のモデル配管をLL継手およびDL継手で配管し、標準生ごみ250ｇを粉砕流下させたときの流下速度を0.5m区間で測定した。

表３－４－１　供試ディスポーザの概略仕様

ディスポーザの種類	手動給水型(間欠的に回転がon/offする形式)
粉砕方式	ハンマーミル
厨芥処理方式	回分処理
定格消費電力(W)	700/800
粉砕室容量(L)	1.4
全高(mm)	405
外径(mm)	183
質量(kg)	8.7

（4）継手間距離の排水搬送性への影響

排水継手間距離の排水搬送性への影響についても、同様の実験手法により検討した。実験したモデル配管を図３－４－２（モデルB）に示す。

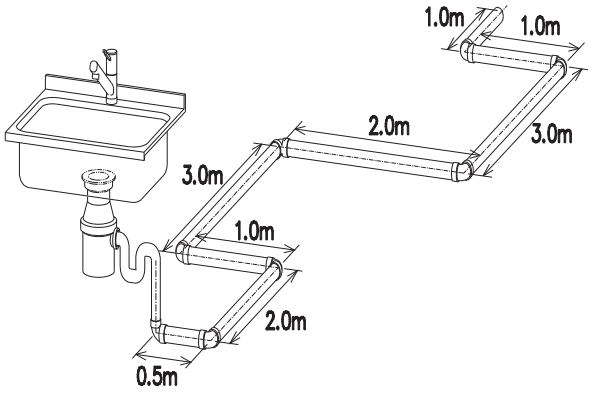
実際の集合住宅物件における排水配管プランからモデル化した配管系である、図３－４－２（モデルA）の総延長3.5m以降の３m直線部を１m単位で屈曲させ、これをモデルBとして速度プロフィールを測定した。このモデルB間の流速の違いを検証することにより、排水配管継手の間隔の違いによる排水搬送性への影響を検討した。

（5）食器洗浄機排水の合流配管の影響

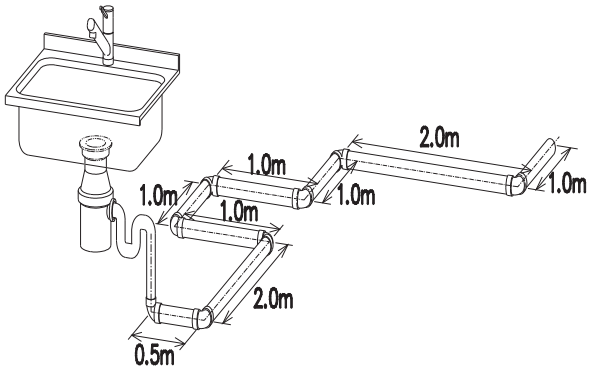
住宅用厨房設備のなかでも食器洗浄機の普及速度は早く、ディスポーザ排水が流下する台所配管において、食器洗浄機排水との合流が多くなっている。

合流配管の排水搬送性への影響についても、実際の集合住宅での配管プランを再現して実験的に検証した。

図３－４－３にディスポーザ配管の上流側から食器洗浄機排水が合流してくるタイプの平面図を、図３－４－４にディスポーザ配管の下流にて食器洗浄機排水が合流してくるタイプの平面図を示す。図中の第１区間、第２区間の流速測定と流動性の観察から望ましい配管方法を考察した。



(モデルA)
・配管口径 50A、1/100 勾配、13.5m、7 曲がり



(モデルB)
・配管口径 50A、1/100 勾配、9.5m、7 曲がり

図３－４－２　継手の影響測定実験用の配管図

（６）オフセット配管の排水搬送性への影響

近年、ライフスタイルの多様化やライフステージごとの住居変化に対応するため、スケルトンインフィル(SI)住宅が普及してきているが、このSI住宅では住戸全体をSIとするのではなく、PS側をSIとし、住戸配管の上流であるベランダ側を半SIとすることがある。この段差スラブの設計手法は階高を抑え、ベランダ側のリビングなどの諸室の天井の高さを高く快適な住空間を、コストを抑えて作り上げる設計手法である。図３－４－５に概念図を示す。台所をこの半SI側に設置した場合、SI部分と半SI部分の境で排水配管はオフセット(段差)をすることとなる。

そこで、LL継手でオフセットを形成した場合と、45L継手で形成した場合のディスポーザ排水の搬送性への影響を実験的観察により検証した。

3.4.2　結果と考察

（１）配管勾配および操作条件の排水搬送性への影響

配管閉塞事例の調査結果から、配管設計条件が厳しくない場合においても、配管勾配などの条件によってディスポーザ排水の搬送性能に影響を及ぼすことが示唆された。そこで、実験用配管を用いて、実験用配管の勾配およびディスポーザへの給水流量を変化させた場合の、ディスポーザ排水の搬送性能について調査を行った。

ディスポーザ排水の平均流速の測定結果を図３－４－６に示す。配管内への卵殻および粉砕厨芥の残存状態をもとに、図３－４－６に示すとおり４つに分類した。すなわち、平均流速が0.5m/s以上では卵殻の残存はみられず、0.3～0.4m/sでは、低頻度ながら図３－４－１中の②の継手付近にごく少量の卵殻が堆積する場合があった。平均流速0.3m/s以下の領域では、ほぼ全ての流下実験で①および②の継手上流側に図３－４－６の写真に示すような卵殻の堆積が認められた。また、平均流速0.1m/s以下では、図３－４－６の写真に示すとおり配管内に卵殻以外の有機性のごみも大量に残存することが確認された。これらの結果は、有機性のごみの限界掃流流速が0.1m/s前後、卵殻が0.3m/sとする前項3.3の結果ともよく一致した。また、継手上流側への卵殻堆積についても、前項で示したとおり、継手部の流下抵抗により継手上流側の液深が深くなり、流速が低下するとした結果とよく一致した。

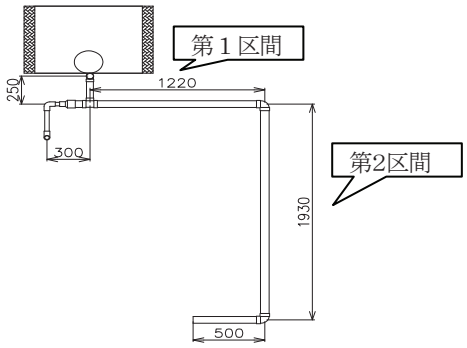
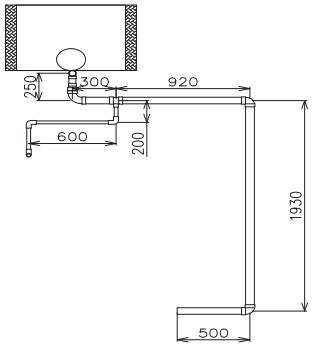


図３－４－３　上流合流タイプ平面図



(実験配管モデル:配管口径 50A、勾配 1/100、LL 継手)

図３－４－４　下流合流タイプ平面図

以上の結果から、ディスポーザ排水の配管搬送性は、給水流量と配管勾配に大きく依存しており、給水流量８L/minの場合は配管勾配が1/100であっても平均流速0.3m/s以上を確保できたが、給水流量４L/minでは勾配1/50であっても平均流速0.3m/sを確保できず、勾配1/75および1/100においては粉砕厨芥が排出されず配管内に停滞し、配管閉塞となる可能性が示唆された。

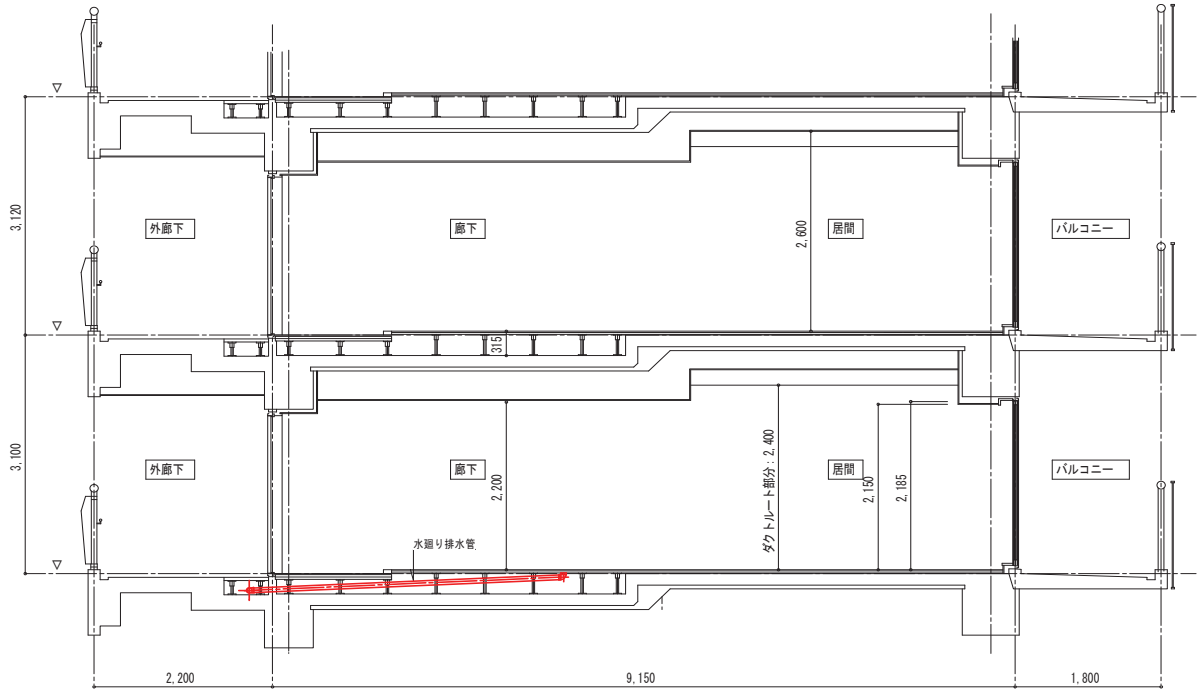
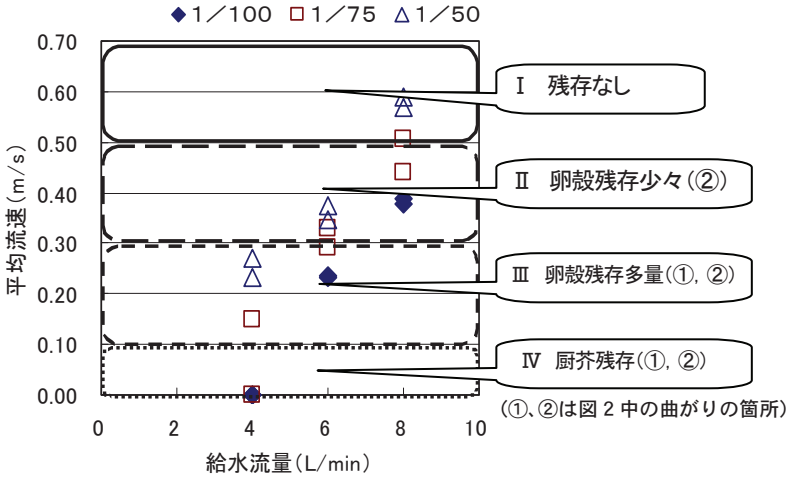


図３－４－５　SI住宅の段差スラブの概念図



＜Ⅲの卵殻残存状況＞

＜Ⅳの厨芥残存状況＞

図３－４－６　配管勾配および給水流量とディスポーザ排水平均流速との関係

（２）粉砕繰り返しによる配管内堆積状況への影響

ディスポーザによる粉砕処理を繰り返した場合に、配管内に残存した卵殻がディスポーザ排水流下ごとに増加し、閉塞を引き起こすのかどうかを調べるため、前項3.3の結果から、実験用配管を使用して配管勾配1/50、給水流量４L/minの条件下で、繰り返し実験を行った。

結果を図３－４－７に示す。卵殻を含む標準生ごみを繰り返し処理した場合でも、配管内の卵殻残存量の増大は認められなかった。卵殻を含む標準生ごみと、卵殻を除いた標準生ごみを交互に処理した場合の結果をみると、配管内に残存した卵殻は、次に流下する粉砕生ごみ排水によって搬送排出されていることが確認された。この結果から、配管内に残存する卵殻は、粉砕処理のたびに増加することはなく、当該排水の卵殻が新たに残存することで、更新されていることが分かった。これは、実使用配管における調査において、卵殻だけが選択的に沈積している観察結果ともよく一致する。なお、卵殻の有無によってディスポーザ排水の平均流速に差は認められなかった。

実際のディスポーザ使用条件においては、処理生ごみ中に含まれる卵殻の量は処理のたびに異なることが予測される。使用者の食習慣などによって、卵殻の発生量が極端に多い場合も想定されることから、特異なケースとして、卵殻のみ12

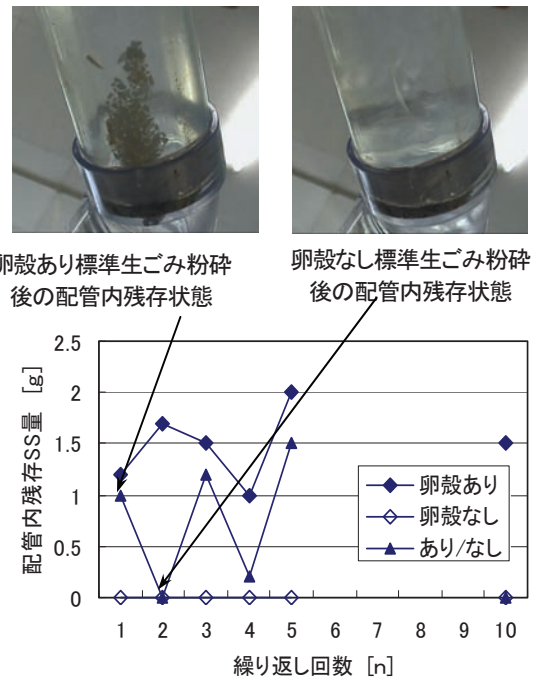


図３－４－７　粉砕繰り返しによる配管内残存状況

図３－４－８　卵殻堆積状況

個(60g)を処理した場合の配管内卵殻残存を調べた。その結果、図３－４－１中の①および②の継手上流側に、図３－４－８に示すような大量の卵殻堆積が生じた。この堆積を生じさせた状態で、標準生ごみの粉砕処理を繰り返したところ、卵殻の堆積が大量であっても、徐々に排出されることが確認された。しかし、前項3.3でも示したとおり、卵殻が大量に堆積した状態で繊維質の生ごみが粉砕された場合には配管閉塞を誘発するおそれがあることから、卵殻が配管内に堆積するような配管設計条件およびディスポーザの使用条件は極力回避することが重要と考えられる。

（３）排水継手種類の排水搬送性への影響

排水継手の種類によって搬送性が異なると考えられることから、実験用配管において継手種類を変えて実験を実施した。その結果を図３－４－９に示す。

LL継手に比べてDL継手は流速の減衰が大きく、6.5m位置の継手以降ではその傾向が顕著である。しかしながら、継手以外の直管部での差はわずかであった。

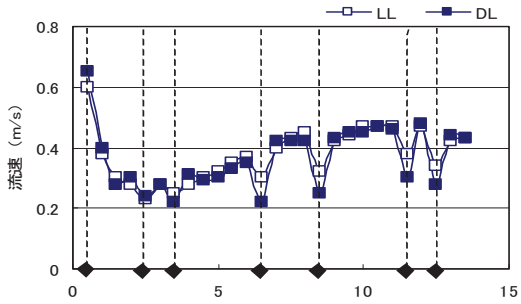


図３－４－９　排水流速への継手種類の影響

また、卵殻の堆積状況の観察では、DL継手でより多くの堆積が認められた。

LL継手の使用は配管搬送性への配慮から設備業界で推奨されているが、本実験結果より、これが裏付けられた結果となった。

（４）継手間距離の排水搬送性への影響

モデルＡおよびモデルＢの実験用配管における排水流速と配管長との関係を図３－４－10に示す。

一括処理方式（バッチ処理）のディスポーザにおいては、排水先頭部に高濃度のスラリーが形成され、流下とともに高濃度スラリー部が分散するため、直管部を流下するにしたがい加速し、継手部減速することは前項3.1にて述べた。

図から明らかなように、配管延長3.5m以降でモデルＡの流速が早くなっており、継手部での減速を直管部で回復する度合いもモデルＡが優れていることが判明した。

これは継手間距離が短いと、継手部における減速によって直管部での加速が十分にできないことを示している。

したがって、Ｓ住宅において配管長が５ｍをこえるようなディスポーザ排水配管の設計では、連続する曲がり配管は回避すべきであることが実験から確認できた。

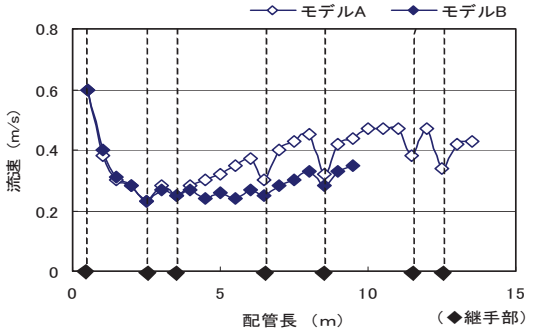


図３－４－10　排水流速への継手間距離の影響

（５）食器洗浄機排水の合流配管の影響

ディスポーザ排水は0.02Mpa程度の吐出圧力をもって排水配管に吐出されるが、図３－４－３に示すような食器洗浄機排水がディスポーザ排水より上流側で合流し、Ｔ継手で接続した場合、ディスポーザ排水の吐出エネルギーはＴ継手部で上流側と下流側に分散し、上流の食洗機側に粉砕生ごみが大量に流れ込み残存するとともに、流下速度が減衰することが確認された。上流合流と下流合流の場合の第１区間、第２区間、全体区間での流速の測定結果を表３－４－２に示す。

食洗機側での粉砕ごみの堆積は、流下が停滞するため

に起きるため、排水流下時の速度減速によって継手部で起きる卵殻の選択堆積とは異なり、卵殻と生ごみがともに堆積する現象であることが観察された。この場合の流下概念図を図３－４－11に、逆流した堆積物の一例を図３－４－12に示す。さらに、ため洗い排水などの大量排水で、堆積物は上流側である食洗機側の配管に押し込まれることも判明した。

また、食洗機からは合計３L前後の排水が７～12L/minの流量でポンプ吐出されるが、流量が少ないため配管堆積物の流下に十分な量であるかは検証が必要である。合流部にTY継手を使用しても、結果に差は見られなかった（図３－４－13参照）。

表３－４－２　ディスポーザ排水の流速

食洗機排水合流位置（対ディスポーザ排水）	流速（m/s）		
	第１区間	第２区間	全体
上流合流	0.11	0.19	0.16
下流合流	0.19	0.27	0.20

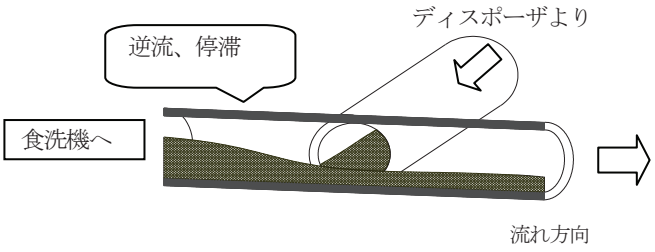


図３－４－11　上流合流時の流下概念図

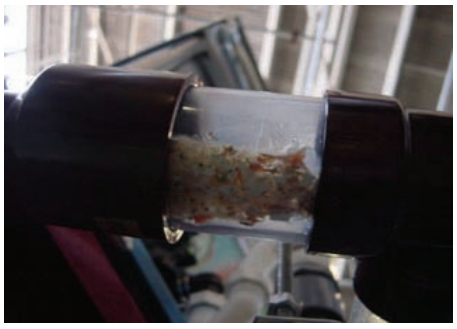


図３－４－12　上流合流時の逆流堆積物の例

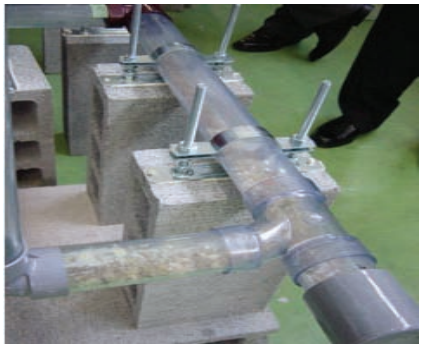


図３－４－13　TY継手での上流合流時の逆流の例

したがって、食器洗浄機排水との合流は、配管内へのディスポーザ粉砕生ごみの堆積を防止する見地から、ディスポーザ排水配管の下流部にて行うことが望ましい（図３－４－14参照）。

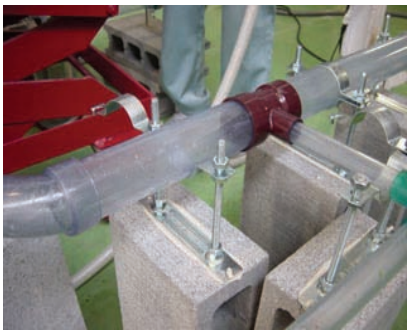


図３－４－14　下流合流時の合流部の状態

（６）オフセット配管の排水搬送性への影響

わが国で一般的に普及している一括処理方式（バッチ処理）のディスポーザ排水は、先頭部に高濃度のスラリー部を形成し、スラリー部の移動速度が排水流速を支配しているが、給水流量が少ないほど、また一括処理する生ごみ量が多いほど、スラリー濃度が濃く、スラリー高さも高くなる。スラリーの流動性が低い状態で、DL継手で形成したオフセット部を通過するとスラリーが落下、凝縮してオフセット下部で満流となり、流動が一時停止する現象が起きる場合があることが観察された。一方、45L継手で形成されたオフセットでは、給水流量４～８L/min、処理生ごみ量250g、500ｇの条件下では、安定して流下することが観察された。この流下概念を図３－４－15に示す。

したがって、住戸内の排水横枝管におけるオフセット部は45L継手で形成すべきである。

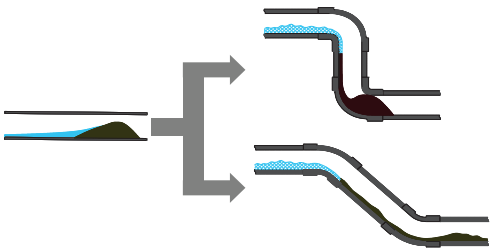


図３－４－15　オフセット部の流下概念図

3.4.3　まとめ

配管閉塞事例の調査結果から推察できる不具合要素について実施した、各種の実験結果から得られた結果をまとめると次のようになる。

①配管勾配や給水流量の不足などによってディスポーザ排水の流速が0.3m/s以下となった場合、卵殻が配管継手上流側に残存することが明らかとなった。

②配管内に残存した卵殻は、排水流下を繰り返すことで大部分は排出されることがわかった。しかし、卵殻が大量に堆積した状態で繊維質の生ごみを粉砕した場合には配管閉塞を誘発するおそれがあることから、卵殻の堆積をできるだけ回避するよう、配管設計条件およびディスポーザの使用条件を設定するこ

とが必要である。

③ディスポーザを少流量で運転した場合でも、配管閉塞の危険性は増加するものの、上記②のような状況が起こらない限り、配管閉塞に至る可能性は低い。

④排水継手はDL継手よりLL継手のほうが、搬送性が優れていることが判明した。

⑤配管長が５ｍを超えるような住戸では、連続する曲がり配管において流速の低下が発生することが確認されたため、回避する配管設計を行う必要がある。

⑥食器洗浄機排水との合流は、食洗機側配管へのディスポーザ粉砕生ごみの堆積を防止する見地から、ディスポーザ排水配管の下流部にて行う必要がある。

⑦住戸内の排水横枝管におけるオフセット部は、搬送性確保のため45L継手で形成する必要がある。

このように、ディスポーザ排水配管の閉塞は、単一の影響因子で起こるケースは少なく、種々の条件が複合的に作用し合って引き起こされることが多いことが判明した。すなわち、給水流量が少なくとも配管が短く、十分な配管勾配が確保されていれば、十分な搬送性が得られるものの、緩勾配・長配管の配管系に給水流量が使用者に依存する手動給水型ディスポーザを選定した場合には、使用者の使い方、配管設計、施工などが複合的に影響して、配管閉塞の危険性を増大させることが分かった。

４．使用者の使用方法が排水搬送性に与える影響

4.1　手動給水式ディスポーザの使用実態と便益評価

4.1.1　調査方法

ディスポーザシステムもしくはディスポーザ単体を設置・使用しているユーザーを対象として、アンケートによる実態調査を行った。

ディスポーザシステムを設置した集合住宅については、手動給水式のディスポーザが設置された集合住宅２棟の入居者（以下、手動システムユーザーという）と、自動給水式のディスポーザが設置された集合住宅２棟の入居者（以下、自動システムユーザーという）を対象として、入居後約１年経過した時点でアンケート調査を行った。対象集合住宅の概要およびアンケートの配布・回収状況を表４－１－１に示す。アンケート用紙は各戸に投函し、郵送による回収を行った。

ディスポーザ単体を設置・使用しているユーザーについては、調査対象として約12,000名の社員を全国に有する企業のイントラネットアンケートを実施してディスポーザを単体設置していると回答した人（以下、単体ユーザーという）のデータを抽出し、システムユーザーの結果と比較した。

アンケートの内容は、ディスポーザの使用状況と、ディスポーザに対する評価に関する項目とした。アンケート項目を表４－１－２に示す。

4.1.2　結果と考察

（１）手動システムユーザーと単体ユーザーの比較

①回答者の属性

手動システムユーザーおよび単体ユーザーの回答者の属性を図４－１－１に示す。

手動システムユーザーの回答者数は103人であり、その約９割が女性であった。また、家族構成は30歳台を中心とした夫婦２人住まいが多く、１世帯当たりの平均居住人数は2.8人であった。

一方、単体ユーザーの回答者数は、イントラネットの回答者数2832人中33人であり、回答者の８割が男性であった。家族構成は３～４人の世帯が多く、１世帯当たりの平均居住人数は3.4人であった。住居の形態は、図４－１－２に示すとおり持ち家の戸建住宅と賃貸の集合住宅が約４割ずつであった。また、回答者が設置していたのは、すべて手動給水式のディスポーザであった。

②ディスポーザの使用状況

ディスポーザの１日あたりの使用回数を図４－１－３に示す。１日あたりの平均使用回数は、手動システムユーザーが2.1回/日、単体ユーザーが2.2回と、ほぼ同じであった。また、単体ユーザーでは、自分の意思で購入して取り付けているにもかかわらず、「使用してい

表４－１－１　対象集合住宅の概要

No.	住所	給水	戸数	回収数	回収率
1	東京都	手動	210	55	26%
2	神奈川県	手動	103	48	47%
手動システムユーザー　合計			313	103	33%
3	東京都	自動	259	82	32%
4	神奈川県	自動	139	45	32%
自動システムユーザー　合計			398	127	32%
システムユーザー　合計			711	230	32%

表４－１－２　アンケート項目

項　目	質問内容
回答者属性	①性別　②年齢　③世帯人員 ④住居形態（単体ユーザーのみ） ⑤住居の階数（システムユーザーのみ）
ディスポーザの使用状況	①1日あたりの使用回数 ②ディスポーザへの給水量 ③追い水給水の有無および認知度 ④追い水の給水時間 （②③④は単体ユーザーおよび手動システムユーザーのみ）
ディスポーザの評価	①ディスポーザの5段階評価 以下の項目について、 「全くそう思う」「そう思う」「どちらともいえない」「そう思わない」「全くそう思わない」 のいずれかを選択 ・ディスポーザは便利だ ・キッチンが快適になった ・生ごみ臭が気にならなくなった ・使い方がわかりやすい ・ごみ置き場が汚れなくなった ・資源ごみ分別がしやすくなった ・ごみの量が減った ・ディスポーザは環境によい ・電気代の増加は気にならない ・水道代の増加は気にならない ②ディスポーザ購入時の支払意志額 ③ディスポーザ運転費の支払意志額

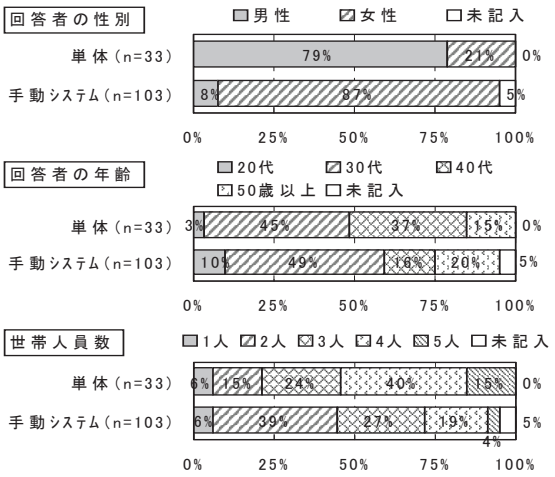


図４－１－１　回答者の属性
（単体ユーザーと手動システムユーザーの比較）

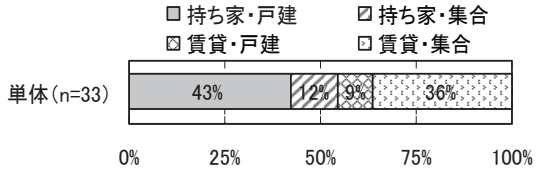


図４－１－２　単体ユーザーの住居形態

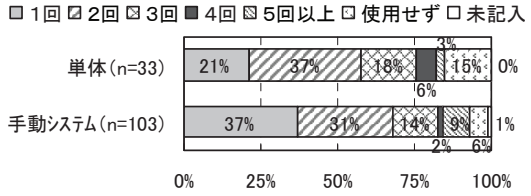
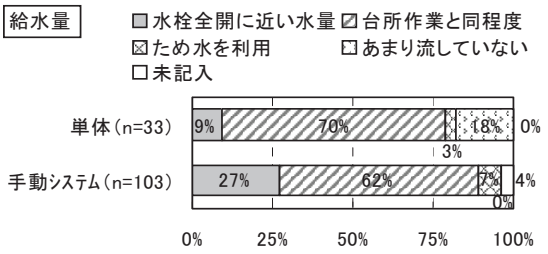
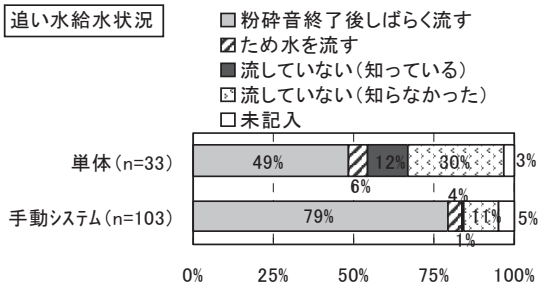


図４－１－３　１日あたりの使用回数
（単体ユーザーと手動システムユーザーの比較）





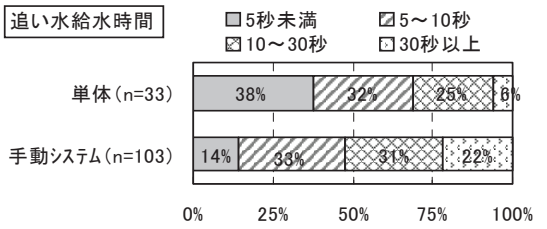


図４－１－４　ディスポーザへの給水状況
（単体ユーザーと手動システムユーザーの比較）

ない」の回答が15％あった。

③手動給水式ディスポーザの給水状況

ディスポーザへの給水状況の結果を図４－１－４に示す。ディスポーザ運転中の給水量に関する質問について、単体ユーザーでは推奨値である「水栓全開に近い水量」の回答が１割、「あまり流していない」の回答が２割あった。一方、手動システムユーザーでは「水栓全開」の回答が３割あり、「あまり流していない」の回答はなかった。

手動給水式ディスポーザについては、粉砕厨芥の配管搬送性能向上の観点から、粉砕終了後もしばらく追い水を流すことを推奨しているが、単体ユーザーでは、追い水について「知らなかった」の回答が３割あり、流すべきことを「知っていても流していない」の回答を含めると、44％が追い水を流していないことがわかった。また、追い水の給水時間は10秒以下とした回答が94％を占め、その平均値6.9秒は推奨値の30秒以上よりもかなり短い時間であった。一方、手動システムユーザーでは、追い水について「知らなかった」の回答が１割あり、「知っていても流していない」の回答を含めると、12％が追い水を流していなかった。また、追い水の給水時間は「10秒以下」が５割、推奨値の「30秒以上」が２割であり、その平均値13秒は、単体ユーザーに比べて２倍弱の時間となっていた。

以上の結果から、手動給水式ディスポーザの給水量および給水時間は推奨値よりも少なく、特に単体ユーザーのほうが少ない傾向にあることが明らかとなった。手動システムユーザーに対するディスポーザの使い方に関する情報（以下、使い方情報という）の伝達手段としては、取扱説明書による間接的な方法だけでなく、入居者への説明会など直接的な方法も取られているが、単体ユーザーの場合は間接的な手段のみとなる場合が多いと考えられる。このため、単体ユーザーはメーカー推奨の正しい使用方法に対する認知度の低さから給水量が少なくなり、給水不足による配管閉塞の発生率が高くなる恐れがあることが確認された。

今後、ディスポーザの普及が進むと、手動システムユーザーに対する使い方情報の伝達も間接的な手段が中心になることが考えられるため、使用者の認知不足による配管閉塞の危険性はさらに高まることが推測される。このため、自動給水機構や、一定水量の給水がない場合はディスポーザ自体が動かないような水量確保機構など、配管搬送性確保のための機能をディスポーザに装備させることが望まれる。

④ディスポーザの評価

ディスポーザに関する５段階評価の結果を図４－１－５に示す。

「ディスポーザは便利だ」「キッチンが快適になった」

「ごみ置き場が汚れなくなった」などの、利便性、快適性および衛生性に関する評価は、単体ユーザー、手動システムユーザーともにほぼ同じであったが、「ごみが減った」「資源ごみが分別しやすくなった」の項目については、単体ユーザーのほうが手動システムユーザーより評価は高かった。これは、自分でごみ減量に役立つと意識してディスポーザを購入しているため、住宅の標準設備として最初から導入されていた手動システムユーザーに比べて評価が高くなったものと推察された。一方、「ディスポーザは環境によい」の項目については手動システムユーザーのほうが評価は高く、単体ユーザーの多くがディスポーザ排水による水環境への悪影響を懸念していることがわかった。この結果より、単体ユーザーは、単体使用が水環境へ悪影響を及ぼす懸念を理解した上で、ディスポーザの便益を評価してディスポーザを購入している実態が伺われた。ディスポーザの適正普及のためには、ユーザーへの環境意識啓蒙以上に、管理型の適正普及を図る仕組みの構築が必須である。

ディスポーザ使用にともなう水道料金の負担増に対する意識については、手動システムユーザーの評価が悪くなっており、単体ユーザーのほうがより高い許容が得られていることが推察された。これは、手動システムユーザーに対して、ディスポーザ排水の配管閉塞を回避するため、必要給水量の確保を直接的コミュニケーションで強調して伝達し、給水への意識付けを実施しているが、この意識付けが水道料金負担増として表現された可能性があると考えられる。また、間接的コミュニケーションしか採られていない単体ユーザーの場合は、給水への意識が低いことが水道料金に対する意識からも伺えた。

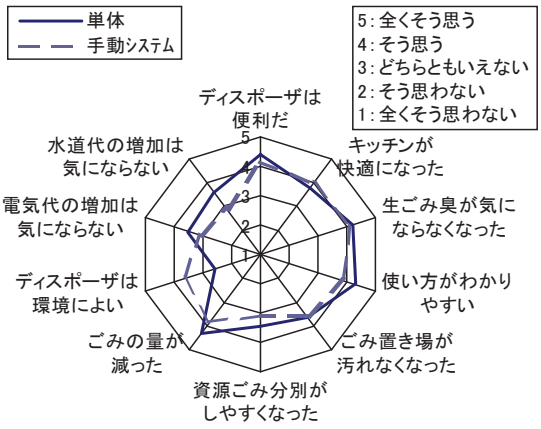


図４－１－５　ディスポーザの評価
（単体ユーザーと手動システムユーザーの比較）

（２）自動システムユーザーと手動システムユーザーの比較

①回答者の属性

手動システムユーザーおよび自動システムユーザーの回答者の属性を図４－１－６に示す。

自動システムユーザーの回答者数は127人で、手動システムユーザーと同様に女性の回答者がほとんどであり、一世帯あたりの人員数は2.3人であった。また、入居者の住んでいる階数は、手動システムユーザーでは８割が５階以下の低層階入居者であったが、自動システムユーザーでは11階以上の高層階入居者が半数を占めていた。

②ディスポーザの使用状況

手動システムユーザーおよび自動システムユーザーの１日あたり使用回数を図４－１－７に示す。

平均使用回数は、自動システムユーザーでは2.0回/日、手動システムユーザーでは2.1回/日であり、ほぼ同じであった。

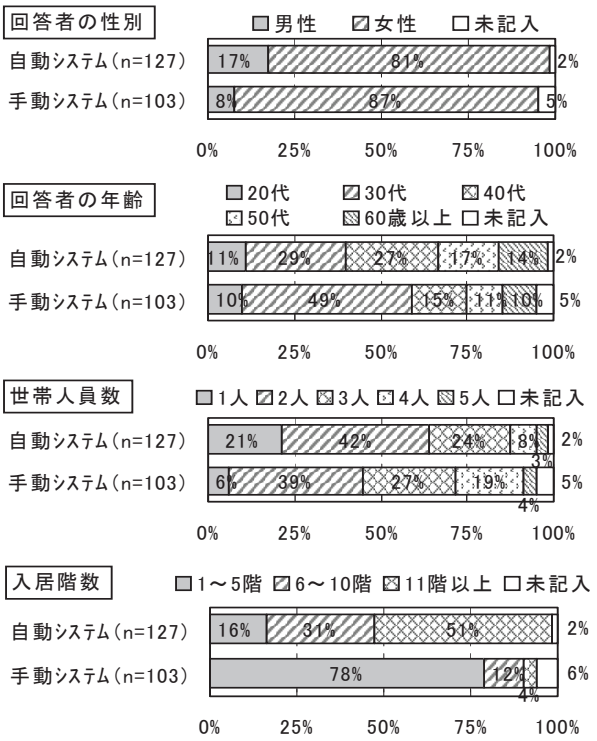


図４－１－６　回答者の属性
（手動システムユーザーと自動システムユーザーの比較）

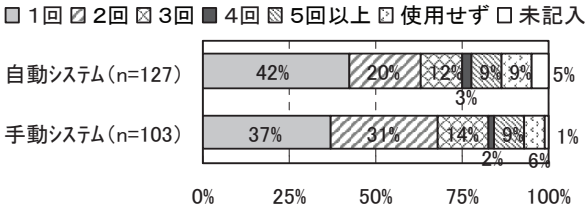


図４－１－７　１日あたりの使用回数
（手動システムユーザーと自動システムユーザー）

③ディスポーザに対する評価

ディスポーザに関する５段階評価の結果を図４－１－８に示す。

利便性や快適性に関する項目およびごみ減量効果や環境に対する影響に関する評価については、自動システムユーザーと手動システムユーザーによる差異はほとんど認められなかったが、水道料金に対する負担意識についての評価は手動システムユーザーのほうがやや悪くなっていた。これは、手動給水式の場合は蛇口からの給水がユーザーの目に付きやすいのに対し、自動給水式の場合はディスポーザ本体に直接給水され、ユーザーは給水を

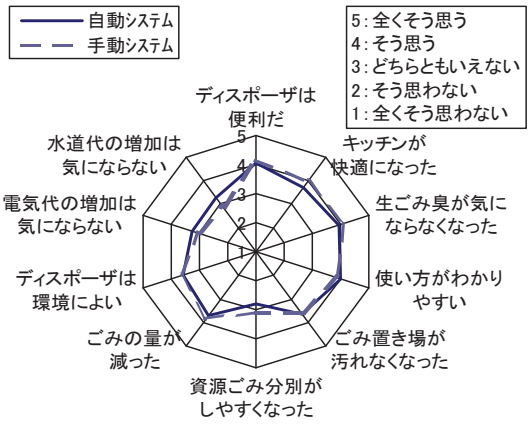


図４－１－８　ディスポーザに対する評価
（手動システムユーザーと自動システムユーザー）

目視できないことが、給水量に対する意識の差を生じさせたものと推察された。

④ディスポーザに対する支払意志額

単体ユーザーおよび手動・自動システムユーザーに対し、ディスポーザを設置する際の購入費用および設置工事費用に対する支払い意思額の回答分布を図４－１－９に、単純平均値とその95％信頼区間を表４－１－３に示す。回答分布をみると、単体ユーザーは５万円に、自動システムユーザーは10万円に最大ピークがあり、手動システムユーザーは両方に同程度のピークがあった。また、支払意志額の平均値では、単体ユーザーに比べて、手動・自動システムユーザーのほうが初期投資に対する支払意志額が２万円程度高く、また手動システムユーザーよりも自動システムユーザーのほうが支払意志額はやや高くなっていた。

ディスポーザの１ヵ月あたりの運転費用について、単体ユーザーに対し、「1ヵ月あたりいくらなら支払ってもよいか」の質問における支払意志額の平均値を表４－１－３に示す。また、手動・自動システムユーザーには、「現在支払っている家庭全体の電気料金・上下水道料金の何％以内なら支払ってもよいか」の質問に対し、手動・自動システムユーザーの平均はそれぞれ7.7％および7.8％であった。総務省統計局による家計調査の結果[18]から家庭全体の電気料金・上下水道料金の全国平均値を求め、手動・自動システムユーザーの運転費に対する支払意志割合を金額に換算した結果を表４－１－３に示す。単体ユーザーと手動・自動システムユーザーとで質問方法に違いがあるが、運転費用についても、単体ユーザーより手動・自動システムユーザーのほうが支払意志額は高い傾向にあることが推察された。

ディスポーザ購入時の支払意志額を、ディスポーザの耐用年数（7年）で除して１年間あたりの費用に換算し、運転費用とともに１年あたりの支払意志額として算定した結果を表４－１－３に示す。手動・自動システムユーザーの支払意志額は、単体ユーザーの約1.4倍であった。

4.1.3　まとめ

ディスポーザ使用者アンケートにより得られた結果をまとめると、以下のようになる。

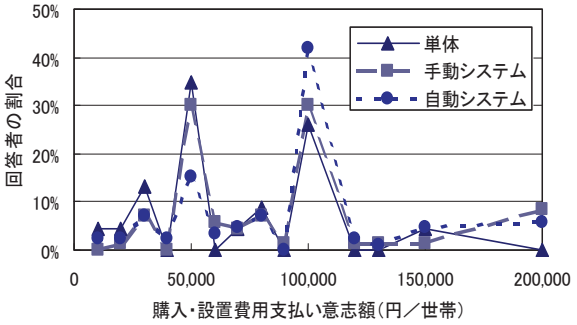


図４－１－９　支払意志額の回答分布

表４－１－３　ディスポーザに対する支払意志額

		単体	手動システム	自動システム
購入・設置費用（円/世帯）	単純平均	65,200	83,700	86,700
	95%信頼区間	51,300～79,200	73,200～94,300	77,700～95,600
運転費用（円/世帯・月）		770	1,070	1,090
支払意志額合計（円/世帯・年）		18,500	24,800	25,500

①手動ディスポーザ使用時の給水時間および給水量は推奨値よりも少ない傾向にあり、特に単体ユーザーでは、使用方法の認知度の低さから給水不足による配管詰まりの発生率が高くなる可能性が示唆された。

②単体ユーザーとシステムユーザーでは、ディスポーザの利便性に対する評価はほぼ同じで、どちらも高い水準にあった。これは山本らの研究[13]でも同様の報告がなされている。

環境影響に対してはシステムユーザーのほうが評価は高かった。また、水道代に対する評価は、給水量についての認知度が低く、少ない給水量で使用していることから、単体ユーザーのほうが評価は高かった。

③手動システムユーザーと自動システムユーザーでは、ディスポーザの利便性に対する評価はほぼ同じであったが、水道代に対する評価は自動システムユーザーのほうが高く、手動システムの場合は自分で蛇口から給水するという行為が節水意識をいだかせることによるものと推察された。

ディスポーザは、日本ではまだ普及途上の装置であるため、使用方法が十分に理解されていない。使用方法についても、特に給水が適切に行われなければ、配管閉塞などの危険性が高まる。手動式ディスポーザにおいて、ユーザーに正しい使い方を認識してもらうためには、取扱説明書による情報伝達では理解度に限界があることが、本研究でのディスポーザユーザー調査から明らかとなった。ディスポーザ排水の搬送性能の確保のためには、適切な排水配管の設計の追求だけでなく、ディスポーザの性能・機能面においても、自動給水機構の採用や手動給水時の水量センサーの設置など、給水量確保のための機構を装備させることが課題として挙げられる。

4.2　卵殻投入禁止措置のユーザー受入れ可能性評価

4.2.1　調査方法

卵殻を投入禁止とした場合のユーザー便益への影響を把握するため、投入禁止ごみに対する使用者の認知度と利便性評価に与える影響についてアンケート調査を行った。アンケートの対象者は、ディスポーザシステムを導入している集合住宅８件の入居者とした。対象とした集合住宅の概要とアンケート回収状況を表４－２－１に示す。No.１、No.３およびNo.５～８の集合住宅は調査時点で入居後約４年、No.２とNo.４の集合住宅は入居後約１年経過していた。アンケート用紙は2005年１月から２月にかけて各集合住宅に配布し、郵送による回収を行った。アンケートの項目を表４－２－２に示す。

対象とした集合住宅に設置されているディスポーザの投入禁止ごみの具体例を表４－２－３に示す。投入禁止ごみには、ラップ、ビニル袋、金属、ガラス片などのような生ごみ以外のごみだけではなく、枝豆の皮のような強い繊維質のものや、魚や肉の大きな骨など、生ごみの中にも一部投入禁止とされているものが存在する。そこで、各集合住宅の入居者に対し、ディスポーザに投入してはいけない生ごみを例示した上で、投入禁止生ごみに対する認知度および、投入禁止生ごみを分別する作業に対する不満度を調査した。なお、No.１とNo.２の集合住宅は、入居当初より卵殻を投入禁止ごみとして入居者に説明していることから、投入禁止の生ごみ中に卵殻を例示した。一方、No.３～８の集合住宅は、卵殻も粉砕可能と説明していることから、投入禁止の生ごみ中に卵殻は例示していない。

4.2.2　結果と考察

（１）回答者の属性

回答者の属性を図４－２－１に示す。卵殻の投入を禁止した集合住宅と禁止していない集合住宅いずれも、回答者は30～40代の女性が多く、また専業、有職あわせて主婦の方が多いことから、実際に家事に従事している方の意見を聞くことができたと考えられる。一家族あたりの人員数は２人もしくは３人の世帯が多く、卵殻投入を禁止している集合住宅の平均値が2.7人、禁止していない集合住宅の平均値が2.6人とほぼ同じであった。

（２）ディスポーザの使用状況

ディスポーザの使用頻度を図４－２－２に示す。卵殻の投入を禁止した集合住宅と禁止していない集合住宅いずれも、回答者の７割が毎日使用していると回答した。また、１日あたりの使用回数は、卵殻投入を禁止している集合住宅の平均値が2.4回/日、禁止していない集合住宅の平均値が2.2回/日と、ほぼ同じであった。

（３）卵殻を投入禁止とした場合のユーザー評価の比較

卵殻の投入を禁止した集合住宅と禁止していない集合住宅において、投入禁止生ごみに対する認知度の差について調査した。結果を図４－２－３に示す。投入禁止生ごみの認知度については、卵殻の投入を禁止した集合住宅と禁止していない集合住宅いずれも、「取扱説明書などを見て知っている」「取扱説明書などを見ていないが知っている」をあわせて、「知っている」という回答が９割以上であった。

卵殻を投入禁止としていない集合住宅の回答者の中には、投入禁止生ごみに対する自由記入の欄に、「卵殻は入れてはいけないと聞いたことがあるため、入れていない」との記述が約１割あったことから、ディスポーザへの投入禁止生ごみに関する情報の伝播もみられると推察された。

投入禁止としている生ごみの分別作業に対する不満度を調査した結果を図４－２－４に示す。分別が「とても面倒」とする回答は、卵殻の投入を禁止した集合住宅と禁止していない集合住宅いずれも１割未満であり、卵殻投入禁止の有無によって分別作業に対する不満度に明確な差はみられなかった。

ディスポーザに対する５段階評価の結果を図４－２－５に示す。「ディスポーザは便利だ」「使い方はわかりやすい」など、卵殻の投入を禁止することにより影響すると思われる項目においては、使用者の評価に明確な差はみられなかった。また、その他の評価項目についても、有意差は認められなかった。

ディスポーザに対する５段階評価の結果を図４－２－

表４－２－１　アンケート調査対象集合住宅の概要と回収状況

No.	住所	卵殻投入	戸数	回収数	回収率
1	東京都	×	498	198	40%
2	神奈川県	×	139	45	32%
3	東京都	○	75	34	45%
4	東京都	○	259	82	32%
5	神奈川県	○	66	23	35%
6	神奈川県	○	23	12	52%
7	福岡県	○	15	13	87%
8	福岡県	○	71	35	49%
卵殻投入禁止集合住宅合計			637	243	38%
卵殻投入可能集合住宅合計			509	199	39%
合　計			1146	442	39%

表４－２－２　アンケート項目

項　目	質問内容
回答者属性	①性別　②年齢　③職業　④世帯人員
ディスポーザの使用状況	①ディスポーザの使用頻度 ②1日あたりの使用回数
ディスポーザの評価	①投入禁止としている生ごみに対する認知度 ②投入禁止としている生ごみの分別作業に対する不満 ③ディスポーザの5段階評価 以下の項目について、「全くそう思う」「そう思う」「どちらともいえない」「そう思わない」「全くそう思わない」のいずれかを選択 ・ディスポーザは便利だ ・キッチンが快適になった ・生ごみ臭が気にならなくなった ・使い方がわかりやすい ・ごみ置き場が汚れなくなった ・資源ごみ分別がしやすくなった ・ごみの量が減った ・ディスポーザは環境によい ④ディスポーザ購入時の支払意志額 ⑤ディスポーザ維持管理費の支払い意志額

表４－２－３　投入禁止ごみの具体例

種類	具体例
ディスポーザで粉砕されるが、排水配管内で蓄積して配管詰まりを引き起こす可能性のあるもの	強い繊維質のもの（枝豆の皮、筍の皮、玉ねぎの薄皮など） 卵の殻（No.1、No.2 の集合住宅のみ例示）
ディスポーザが作動するが粉砕できずにディスポーザ内部に残りやすいもの	生ごみ（魚や肉の生の皮、硬い骨、貝殻など） 木製品（割り箸、竹串、爪楊枝など） 食品以外のもの（ラップ、ビニル袋、プラスチック容器、キッチンペーパー、アルミホイル、輪ゴムなど）
ディスポーザが作動しなくなったり、ディスポーザの刃を傷めるもの	金属類、ガラス類、陶磁器類その他食品以外のもの
排水配管を傷めるもの	熱湯、熱い天ぷら油などの高温のもの
排水処理装置の処理性能を妨げるもの	多量の油類 多量の薬品、洗剤など

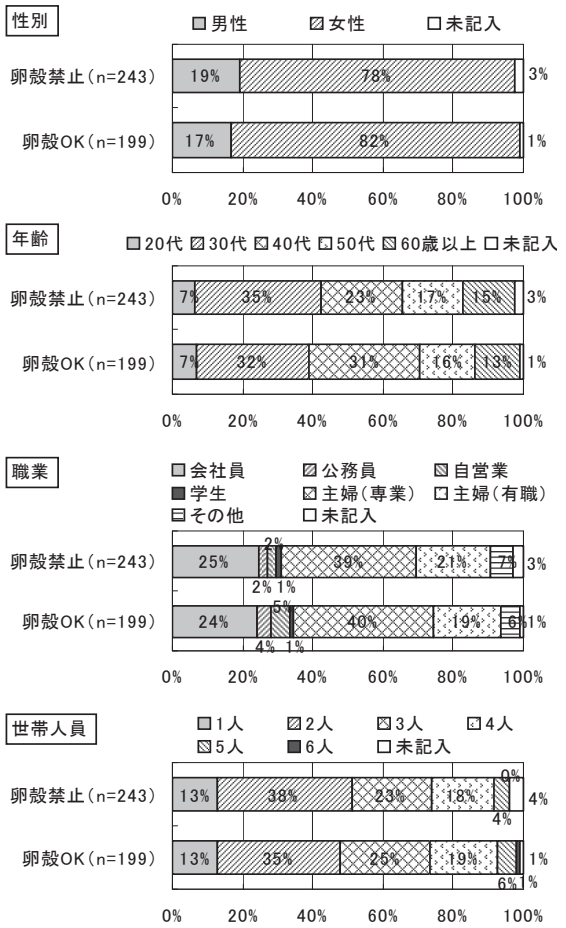


図４－２－１　回答者の属性

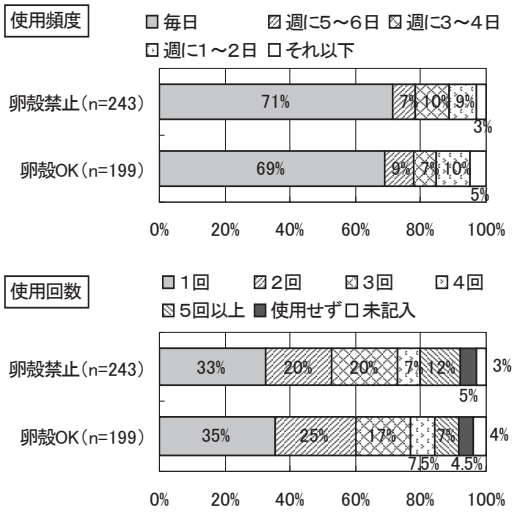


図４－２－２　ディスポーザの使用頻度

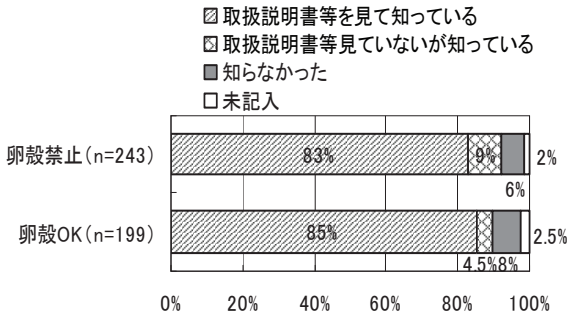


図４－２－３　投入禁止生ごみに対する認知度

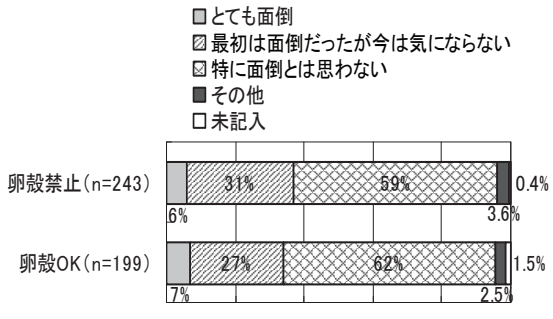


図４－２－４　投入禁止生ごみの分別作業に対する不満

5に示す。「ディスポーザは便利だ」「使い方はわかりやすい」など、卵殻の投入を禁止することにより影響すると思われる項目においては、使用者の評価に明確な差はみられなかった。また、その他の評価項目についても、有意差は認められなかった。

ディスポーザを設置する際の購入費用および設置工事費用について、いくらなら支払ってもよいか質問したところ、支払い意思額はいずれも89,000円/（世帯・年）であり、卵殻投入禁止による明確な差はみられなかった。また、ディスポーザの１ヵ月あたりの維持管理費用について、現在支払っている家庭全体の電気料金・上下水道料金の何％以内なら支払ってもよいか質問したところ、卵殻を投入禁止としている集合住宅の入居者では平均8.0％であったのに対し、卵殻投入を禁止していない集

合住宅の入居者では平均8.2％であり、有意差は認められなかった。

以上の結果から、卵殻を投入禁止ごみとした場合においても、使用者の利便性や評価についてほとんど差がみられないことが明らかとなった。

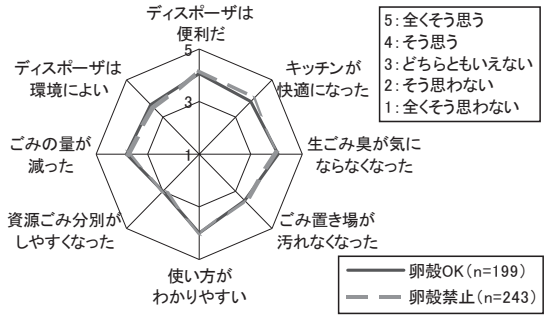


図４－２－５　ディスポーザに対する評価

4.2.3　まとめ

配管への堆積物の懸念から、『卵殻については投入禁止』とするほうが望ましいが、卵殻の投入を禁止した場合と禁止していない場合では使用者の利便性に明確な差は認められなかった。

５．ディスポーザ排水配管設計・施工指針

5.1　搬送性からみた配管設計・施工指針

5.1.1　配管設計の要素

（１）配管搬送性に与える影響因子

第３章ではディスポーザ排水システムにおける排水搬送特性について各種の調査・実験を行ってきた結果を報告した。また、筆者らは学術報告書としては発表していないが、各種の追加実験や実務上の実験あるいは実施建築物で検証を行ってきており、その一端を月刊誌に発表している[14]。その結論として、配管搬送性に与える各種要因とその影響度合いを表５－１－１にまとめた。また、配管閉塞は単一の影響因子によって引き起こされるケースは少なく、因子が複合的に影響し合って起こることを第３章の3.4で確認した。

したがって、配管閉塞を予防する配管設計手法は単一の要素をつぶすのではなく、広範囲な対策を実施することが肝要で、5.1.2～5.1.6に提言した。

（２）配管プランの層別

配管の搬送性に与える影響因子とその影響度合いは表５－１－１に示したとおりであるが、配管の設計・施工における配管長さ、勾配といった要素は、第２章で扱ったように、住戸内PSプラン、SIプランによって層別できることが判明した。

その類型図を図５－１－１に示す。

したがって、ディスポーザ排水配管の設計・施工指針ではこれらの領域ⅠとⅢごとに基準を定めるのが適当であるので、以下、領域Ⅰ、Ⅲ共通の技術項目および領域Ⅰ、Ⅲそれぞれに特有の技術的項目を記述してゆく。

表５－１－１　配管搬送性に与える影響因子

	影響因子	影響の大きさ
ディスポーザ	生ごみの吐出速度	大
	粉砕粒径	小
	手動/自動運転	大
使い方	給水流量	大
配管の設計･施工	配管勾配	大
	配管長さ	中
	継手の構造	中

5.1.2　排水横枝管（住戸内排水管）

（１）共通事項

①排水管口径 ； 40mmまたは50mm（呼び径）とする。

一般的な集合住宅の台所流し排水の配管口径は50mmである。

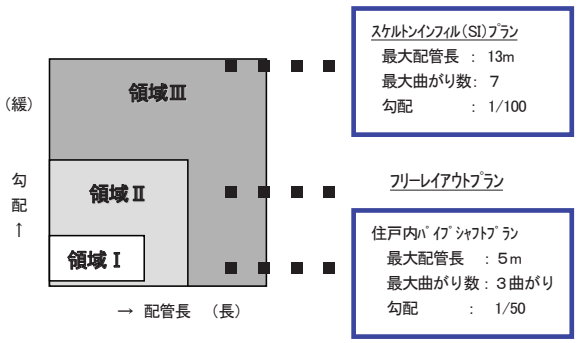


図５－１－１　配管プランの層別

総プロ報告書[5]によればディスポーザ排水は粉砕厨芥が多いため水勢をつける必要があり、40mmでも十分である、となっている。

②排水管の管種 ； 排水管の管種は下記のいずれかとする。
- 排水用硬質塩化ビニルライニング鋼管（略称；DVLP）
- 排水用鋳鉄管（略称；CIP）
- 硬質塩化ビニル管（略称；VP）
- 耐熱性硬質塩化ビニル管（略称；HTVP）
- 耐火二層管（略称；TP）

一般的な集合住宅の台所流し排水系統に使用される配管材料は上記であるが、注意すべきなのは、ディスポーザ排水配管では配管内面の平滑性がとくに重要であるため、異管種の配管を混在して使用する場合に配管内径が異なることがある。防火区画の貫通部分対策としてDVLPとVPを接続する場合がこれにあたる。この点については⑥で詳述する。

また、経年の配管詰まりを考慮した場合は内面が平滑な管種、すなわちVP系の配管のほうが、排水用鋳鉄管などの鉄系配管よりも、スケールの堆積が少ないことが報告されているので、VP系配管の選択が望ましい。

③排水継手；基本的にはLL継手を使用する。
特に、ディスポーザから出た第１曲がり部分の継手はLL継手とする。

ディスポーザ排水は粉砕厨芥が多いため、なるべく流速を落とさない配管設計をする必要がある。このため継手は第３章の3.4項(3)で確認したように、極力DL継手を使用せず、LL継手を使用したい。

特に、ディスポーザからの第１曲がり部の継手は台所シンクからの落差のエネルギーを有効に使用するためにも、必ずLL継手とする。

また、45°継手(45L)を使用した場合には配管にねじれが生じ、配管勾注意が必要である。④で詳述する。

なお、食器洗浄機排水にHTVPを使用した場合の継手は、従来DL継手しかなかったが最近LL継手が発売された。

④配管支持；配管支持間隔は公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)に準拠する。

排水配管がたわむと、液深が増加することによって流速が低下する。流速が低下し0.3m/S以下になると第３章の3.3で述べたように卵殻の限界掃流流速以下となるため、卵殻の堆積がおこり配管閉塞へとつながる。

このように、ディスポーザ排水配管においては、配管支持は重要な要素である。SHASE－S010－2000では、住戸内排水配管に多く用いられる、VP管50mmの支持間隔は1.2m以内、耐火二層管50mmは1.5m以内と規定してある。

一方、公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)ではVP50mmの配管支持間隔は１mであるため、厳しい基準を適応することとする。

また、配管は熱により膨張・収縮をするので浮き上がり防止のための支持も必要なため、支持金具は床にボルトなどで固定する必要がある。

前記③で略記したが、第１継手はLL継手を使用するとともに、隣戸や下階住戸への騒音・振動防止のために防振支持とする。

また、45°継手(45L)を使用した場合には配管にねじれが生じ、配管勾配がとり難いので注意が必要である。

図５－１－２に示すように継手の上流側400および下流側150で配管支持をとり、配管を確実に支持固定する必要がある。また、この配管支持後の継手前後での勾配確認も必須である。

45°継手上流に卵殻の堆積ができる場合はこの部分の勾配が確保できていないケースが多い。LL継手を設置した場合も、継手前後近傍を支持金具で固定する。

⑤食器洗浄機排水管との接続；食器洗浄機からの排水管はディスポーザからの排水管の下流で接続する。

食器洗浄機は一般にオプションとなっている。一方、排水横枝管には将来対応として食器洗浄機からの排水を接続できるように、あらかじめ継手と立ち上り管が設置されていることが一般的である。

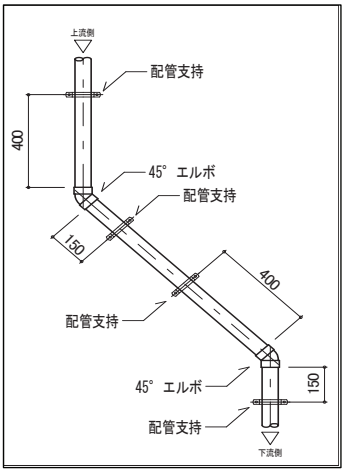


図５－１－２　45°継手部分の配管支持要領

第３章の3.4(5)で確認したように、食器洗浄機排水をディスポーザ排水の上流側に接続すると、粉砕厨芥が混入したディスポーザ排水が継手部で食器洗浄機側に逆流し、閉塞などの悪影響を及ぼす危険がある。また、この場合、接続部分にはDT継手(通称；TY継手)が使用されることが多く、このDT継手はディスポーザ排水側の配管抵抗が大きく、継手での減速が大きいことからも推奨できない。図５－１－３に推奨する接続方法を、図５－１－４に上流側に接続した場合の逆流状況の写真を示す。

⑥防火区画貫通部配管における留意事項；防火区画貫通部の対策として使用された配管と、住戸内の排水管の管種が異なっている場合には、内面の段差が生じないように注意する。

防火区画の貫通部などの配管については、建築基準法施行令第129条の２の２第１項第７号および昭和44年建設省告示第3183号に定められており、防火区画を構成する床、天井、壁などを貫通する配管は、貫通部の前後1mを鋼管などの不燃材料で施工することとなっている。

一般的にPSは防火区画となっているため、排水立管と壁貫通部から１mの部分はDVLPや耐火二層管で施工され、住戸内配管はVPやHTVPで設計されることとなる(図５－１－５参照)。この場合の接続部分におけ

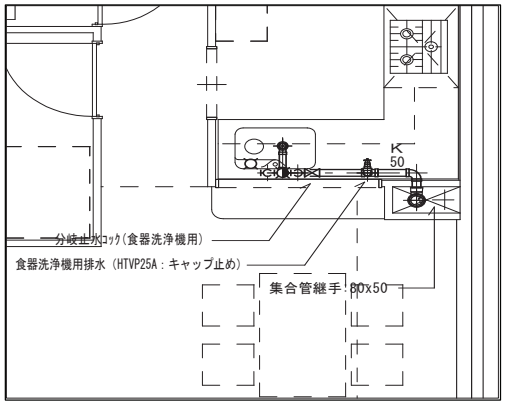


図５－１－３　食器洗浄機排水との接続方法

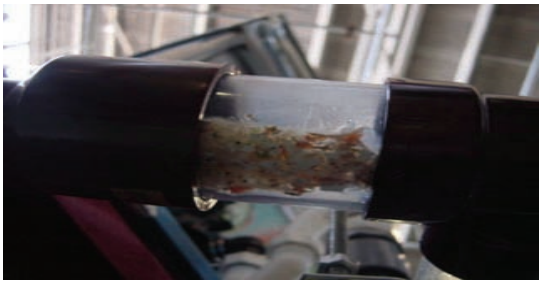


図５－１－４　逆流状況の写真

る配管内径の違いによる段差が問題となる場合があるので、段差を生じない設計が必要である。

配管はネジ接合を考慮して外径基準であるため、外径に比して内径の製造誤差は大きい。

ちなみに、DVLP50mmの内径は51.1mm、HTVPの内径は51.8mmである。50mmVPの製品許容厚さ＋0.8mmに示されるように、１mm程度の段差は生じる場合があることを認識して、貫通部と住戸内配管は同一管種を選定するなどの配慮は必要と思う。

また、この部分における異種配管の接続法はメカニカル継手を使用する場合が多いので、段差の生じない注意深い施工も重要である。

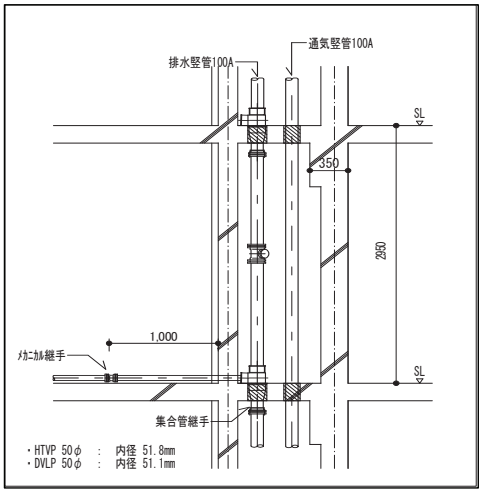


図５－１－５　防火区画貫通部の配管設計例

（２）住戸内 PS プラン

①排水勾配；1/50とする。

このタイプの住戸は第２章2.3で述べているように、配管長５m以内、曲がり３ヵ所以内であることがわかっている。

また、３章3.2の排水搬送実験で確認したように、ディスポーザの運転方式が手動方式である場合も、全自動給水方式である場合も８L/min以上の流量（流速；0.3m/S以上）が確保された状態であれば良好な排水状態が得られる。

0.3m/S以下での残存物の主な物は卵殻であり、第３章3.3の卵殻掃流テストでの平均掃流流速の結果と一致している。

手動給水方式の場合には、極端に流量を押えた使用をするユーザーが居ることが報告されている危険性はあるものの[2)]、給水流量の使用前ユーザー教育が徹底されるという前提で、排水管勾配としては1/50とする。

①配管長さ；５m以内とする。
②曲がり数；４ヵ所以内とする。
③連続する曲がり；500mm以内の曲がりは避ける。

上記①で記したように、住戸内PSプランでは配管は５m以内で設計されている。

これはファミリータイプのマンションである80m^{2}前後の住戸が間口6,500、奥行き12,000程度であることを考慮すれば、水周り近傍にPSを配置する設計思想からは妥当な配管距離、曲がり数と思える。

第３章の3.3で述べたように流速はエルボの手前200mmで減速し始める。また、第３章の3.4（4）では連続した継手は望ましくないことを確認している。したがって、短距離での連続した曲がりは、流下エネルギーの急速な低下を招くため禁止する。1,000mm以上の配管距離をおいた曲がりとしたい。

（３）SI プラン

①排水管勾配　；　1/100以上の勾配を確保する。

このタイプの住戸は第２章2.3で述べているように、配管長13m以内、曲がり７ヵ所以内であることがわかっている。また、３章3.2の排水搬送実験で確認したように、ディスポーザの方式は全自動給水方式である場合に限り良好な排水状態が得られる。したがって、SIプランの場合には使用するディスポーザには制限があり、「全自動タイプ」あるいは「全自動に準じる形式のもの、例えば流量センサー付変流量タイプの手動式ディスポーザ」のように排水搬送性の良い形式の機種の使用が前提となる[26)]。

1/100勾配の確保はかなりの施工精度を要するため、デジタル勾配計の使用を義務付けるのが施工管理のポイントと思われる。また、排水管勾配の設計目標値は1/75、施工結果は1/100以内というのが現実的と思われる。

全配管にわたって1/75勾配が確保できない場合は上流を1/100、下流を1/75勾配とすると逆の場合に比べて流動性が良くなる。

なお、ディスポーザ排水配管は、ディスポーザから排水立管に至るまでの平均勾配が確保されている場合でも、部分的に勾配が緩い場所があると、そこで卵殻のように比重の重い粉砕物が堆積し配管閉塞の危険があるので、施工にあたっては全配管経路にわたる慎重な勾配管理が重要である。

②配管長さ；15m以内とする。
③曲がり数；７ヵ所以内とする。
④連続する曲がり；500mm以内の曲がりは避ける。

上記①で記したように、SIプランでは配管長は13m以内、曲がり数７ヵ所で設計されている。３章3.2の排水搬送実験で確認した配管長は13.5mであったが、流速データなどや追加実験の結果を勘案して、許容配管長さは15mとした。また、連続する曲がりについては(2)で記述したように、短距離での連続した曲がりは流下エネルギーの急速な低下を招くため禁止する。1,000mm以上の配管距離をおいた曲がりとしたい。

⑤オフセット(段差)；住戸内でオフセット(段差)配管を設ける場合は90°エルボ(DL継手)ではなく45L継手を使用する。

また、オフセットの設置個所数は１ヵ所とする。

SI住宅においては、第３章の3.4 (6)に解説したように、住戸全体をSIとするのではなく、PS側をSIとし、配管の上流であるベランダ側を半SIとすることがある。この段差スラブの設計手法は階高を抑え、ベランダ側のリビングなどの諸室の天井高さを高く快適な住空間を、コストを抑えて作り上げる設計手法である。図３－４－５に概念図を示す。

台所をこの半SI側に設置した場合、SI部分と半SI部分の境で排水配管はオフセット(段差)をすることとなる。DL継手を使用した場合には下部の継手で満流となるため、配管搬送性が著しく低下するため、45L継手を必ず使用する。また、45L継手を使用した場合でもオフセットの設置は１ヵ所のみとする。

また、①で記したように、全配管を同一勾配にするのではなく、オフセット上流部を1/100勾配、下流部を1/75勾配にとると流動性が高まる。

5.1.3　排水立て管

基本的にSHASE－S206－2000に準拠する。

排水立て管口径については、器具排水負荷単位法によることもできる。

排水横枝管と排水立て管の接続は、一般的には集合管が使用されることが多いが、低層の集合住宅などの場合には、一般継手が使用されることもあるので、その際にはDTではなく排水横枝管への逆流のないTY継手を使用する。

現状で排水立て管に関する不具合は、当社の施工物件では発生していない。しかしながら、前述したように種々の問題はあり、設計手法としては現状で良いが維持管理における問題は多い。

そこで、維持管理しやすい配管設計を目指した提言を5.2項で記述する。

5.1.4　排水横主管

基本的にSHASE－S206－2000に準拠する。

排水横主管口径については、器具排水負荷単位法によることもできる。

現状で排水横主管に関する不具合は、当社の施工物件では発生していない。

しかしながら、前述したように種々の問題はあり、設計手法としては現状で良いが維持管理における問題は多い。

そこで、維持管理しやすい配管設計を目指した提言を5.2項で記述する。

5.1.5　敷地排水管

基本的にSHASE－S206－2000に準拠する。

敷地排水管口径については、器具排水負荷単位法によることもできる。

現状で敷地排水管に関する不具合は、当社の施工物件では発生していない。しかしながら、前述したように種々の問題はあり、設計手法としては現状で良いが維持管理における問題は多い。

そこで、維持管理しやすい配管設計を目指した提言を5.2項で記述する。

5.1.6　通気管

基本的にSHASE－S206－2000に準拠する。

通気管口径については、器具排水負荷単位法によることもできる。

現状で通気管に関する不具合は、当社の施工物件では発生していない。しかしながら、前述したように種々の問題はあり、設計手法としては現状で良いが維持管理における問題は多い。

そこで、維持管理しやすい配管設計を目指した提言を5.2項で記述する。

5.2　維持管理からみた設計・施工指針

5.2.1　総論

(１)排水搬送性に及ぼす維持管理の重要性

配管設計を完全な形で行い、施工も精度良く完了したとしても、台所排水には油分が含まれるため、配管管壁にグリースが付着し、そこに卵殻などの比重の重い粉砕物などが堆積し、経年で配管は閉塞してゆく。

ディスポーザ排水は、ディスポーザを設置しない厨房排水の場合に比べて、食品を粉砕することによる油分の増加や、粉砕された厨芥により配管閉塞のリスクは大きい。１年経過した配管では以降、粉砕厨芥の影響で管壁に付着したグリース分が剥離し、成長はしないという報告もされているが[16]、逆の報告もある[17]。

また、管壁に付着したスケールは、１年後は柔らかい状態であり、高圧洗浄で容易に清掃可能であるが、１年半が経過すると硬くなり、高圧洗浄の圧力をかなり高く設定しないと清掃できない、という報告もある[17]。

この点からも、第３者認証の条件である１年ごとの配管清掃は適切なものといえる。

また、排水配管については、立て管と横管では付着物の堆積の仕方が異なる。立て管では、スライム状の成分が配管全体に付着し、徐々に有効径を小さくしてゆく。横管では、卵殻や貝殻などの比重の大きいごみが堆積したり、飛沫が乾燥して付着したりする現象が観察される[20]。したがって、立て管と横管では維持管理に対する考え方も異なるアプローチが必要となる。

すなわち、ディスポーザ排水配管は厳しい使用条件下にあり、維持管理を念頭に置いた設計は必須である。

以下、維持管理を容易にする配管設計・施工指針について提言する。

（2）配管清掃方式と維持管理上考慮すべき事項

配管清掃方式については筆者の経験、配管洗浄専門会社へのヒアリングおよび参考文献[24)、25)]をもとに、高圧洗浄方式を念頭において配管設計を行うこととした。

高圧洗浄の方式は回転噴射、前・後方噴射、後方噴射方式などがあり、配管閉塞の最大要因である卵殻の清掃性能は回転噴射方式が最も優れており、前・後方噴射、後方噴射方式の順で性能が劣る実験結果となっている。

本論文では高圧洗浄が可能な範囲の目安を、継手や障害物を考慮し、多少の安全係数を見込んで下記として設計基準を提案する。

① 排水横枝管（VP50の使用を前提とする）
- ・配管長；直管12m以内
- ・曲がり；８ヵ所以内

② 排水立て管　；　直管＝16m以内

③ 排水横主管　；　直管＝16m以内
- ・45°継手２個のオフセット（段差）がある場合は継手近傍の上流側に点検口を設置する。

④ 通気管　　；　排水立て管に同じ

⑤ 敷地排水管　；　排水桝間距離＝24m以内

5.2.2　排水横枝管

①ディスポーザ用トラップには掃除口を設置する。

排水横枝管の配管清掃を行う方法としては、一旦、ディスポーザと配管を切り離す場合と、ディスポーザ付属のトラップに設置してある掃除口から行う場合がある。利便性からいって後者が優れているので、維持管理費の低減からも掃除口付きトラップの使用とする（図5－2－1参照）。

なお、ディスポーザ本体とトラップ、排水横枝管の接続部はスリップジョイントとし、簡単に分解可能な構造としておく。

②SIプランの住戸では排水集合管には掃除口付きの器具を採用する。

このタイプの排水横枝管は配管長が長く、継手数も多くなる住戸も多い。

当社の設計実績では第５章の5.1.2（3）②、③で記したように、配管長15m以内、曲がり数７ヵ所以内となっているが、文献[3)]では配管長10.5m、曲がり数12ヵ所という事例も報告されている。

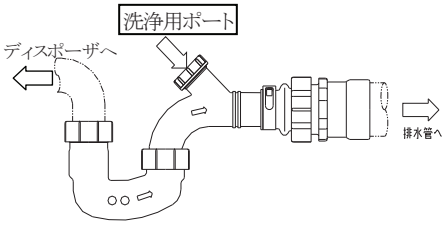
また、設計時点では配管長が短く、継手数が少ない場合であっても、建物のコンセプトからいって将来的には水廻りの位置が変更される可能性もある。

図５－２－２掃除口付き排水集合管高圧洗浄方式では継手数が８ヵ所までが清掃可能である。したがって、SIタイプの住戸においてはディスポーザ側と排水立管側から配管清掃する必要があるので掃除口付き排水集合管を設置する。

5.2.3　排水立て管

①排水立て管には３フロアー以内に１ヵ所の掃除口を設置する。

〔P トラップの場合〕



〔S トラップの場合〕

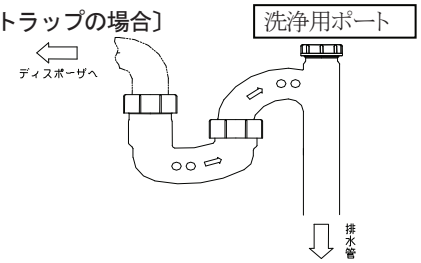


図５－２－１　掃除口付きトラップの例

排水立て管表面にはスライムのような固形物がつき、配管の有効径を小さくしてゆく。配管の有効径が小さくなると排水性能が低下し、トラップの封水損失を大きくし、封水切れを起こすことがある。そのため、配管の洗浄時にはこのスライムを落とす必要がある。過去の報告ではこのスライムの主成分は油であると報告されているが、最近の調査では微生物由来のものが多いという報告もある[19)]。

排水立て管では上層階よりも下層階のほうが、排水負荷が大きいため、下層階のほうがスライムの付着が大きい。１年経過で配管閉塞率は10～20％程度、１年半経過で20～30％程度になり、下層階では30％程度と大きい[17)]。

１年経過後のスライムの表面は柔らかく、簡単に削ぎ落とすことが可能であるが、１年半経過後はスライムの表面が硬化して、簡単に削ぎ落とせない状況も報告されている[23)]。掃除口の設置規準としては第５章の5.2.1（2）によれば５層程度に１ヵ所で可能であるが、住戸専有部に入っての作業となるため、洗浄ホースは短いほうが住戸内での作業が容易となるため、余裕をもって３フロアーに１ヵ所とした。

5.2.4　排水横主管

①脚部継手は掃除口付のものを採用する。

排水立て管と排水横主管を接続する脚部継手は当社基準により、排水立て管口径の１～２サイズアップとなっている。

この部分では流れが大きく変わるため、継手や近傍配管の上部に粉砕物が付着しやすい。また、超高層集合住宅では水と粉砕物の落下速度の違いにより、粉砕物が先に分離・落下するため、高濃度のスラリーが蓄積することがある。このため、脚部継手の出口側の配管上部には付着物が多くなる。

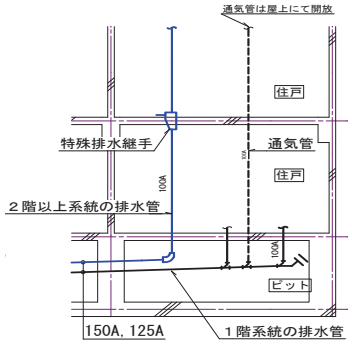
したがって、脚部継手は掃除口付きのものを採用し、あわせて排水横主管の洗浄用の掃除口とする。

②最下階単独系統の排水横主管の末端には掃除口を45°上向きに設置する。

最下階系統の排水横主管は上階系統とは別に単独系統とすることが、当社の標準となっている。

この系統には脚部継手を使用しないため、配管末端には掃除口を設置する。

また、清掃時の逆流などの清掃性を考慮して、掃除口は45°上向きに設置する（図５－２－２参照）。



伸頂通気の場合

図５－２－２　排水横主管の掃除口設置要領

③排水横主管には高圧洗浄用の掃除口を15mに１ヵ所以上設置する。

排水横主管では配管口径が大きくなるため流速が遅くなり、配管内に卵殻や貝殻など比重の大きな無機物が堆積してゆく。継手の部分では排水横枝管と同様に曲がりの手前部分に粉砕物が堆積しやすい[19]。１年経過後と、１年半経過でのスライム付着量はあまり変わらないという報告もある[17]。

したがって、排水横主管には高圧洗浄用の掃除口を15mに１ヵ所以上設置する。ただし、前記①、②の基準と合算した掃除口を設置すれば良いこととする。

また、排水横主管は二重ピット内に設置される場合が多いので、配管洗浄時の作業性を考慮した床などの点検口の設置が必要である。

排水横主管が長かったり、卵殻などの堆積物が多かったりした場合は、屋外の排水桝まで搬送できないこともあるので、堆積物を途中で回収できるような大きな掃除口も要所に配置する考慮も必要である。

5.2.5　敷地排水管

①敷地排水管における排水桝の設置間隔は、150φ以下の配管は管径の120倍以下、それ以上の配管では20m以内とする。

敷地排水管では排水横主管と同様に、配管内に卵殻や貝殻など比重の大きな無機物が堆積してゆく。１年経過後では排水管の側壁に喫水線が明確に現れ、この線に沿ってスライムが付着してくる。１年半経過でのスライム付着量はあまり変わらない。排水桝におけるインバートの汚れは、１年経過ではほとんど観測されないが、１年半経過後では付着したスライムは表面が固形化して簡単には削ぎ落とせない状態になっているという報告がある[15]。

建築設備業界で採用されている排水桝の設置間隔は、国土交通省の標準仕様書では排水管口径の120倍以下、SHASE－S206－2000でも同様である。

例えば、100φ；12m、150φ；18m、200φ；24mである。

一方、配管洗浄からは前記5.2.1（2）⑤で記したように、24mという数値が提言されている。

したがって、多少の安全を見込んで150φ以下の敷地排水管については配管口径の120倍以下とし、200φ以上の配管については20m以下とする。

②屋外の第一桝は450□以上とする。

配管洗浄時において卵殻などの堆積物は排水処理槽まで搬送できないことが多いので、排水桝はこれらの堆積物を途中で回収できるように、極端に小さな小口径桝などではなく、適切な大きさのものを選定する。特に、屋外の第一桝は排水横主管の堆積物が全量集まってくるので、排出口の意味から450□以上とする。

また、排水処理槽に流入する手前にも450□以上の排水桝を設置する。

5.2.6　通気管

①伸頂通気管は合流せず、単独で立ち上げる。
通気ヘッダー方式や合流通気方式は洗浄系統を特定しづらいので、伸頂通気管は合流せず、単独で立ち上げる。

②通気用のベントキャップは配管洗浄作業に適した場所に設置する。

配管洗浄は１年に１度、必ず発生する作業である。作業の安全に配慮した設置位置への設計を心がける。どうしても設置できない場合は、通気管の途中で、安全に作業できる場所に掃除口を設置する。

③ディスポーザ排水系統でのドルゴ通気弁は採用しない。

ドルゴ通気弁を設置すると、高圧洗浄時に過剰な正圧が配管内に発生し、トラップの破封の原因となるので、ディスポーザ排水系統でのドルゴ通気弁の採用はしない。

5.3　ユーザー評価にもとづく使用形態の提言

第４章の「4.1手動給水式ディスポーザの使用実態と便益評価」ではディスポーザの単体ユーザー、手動システムユーザー、自動システムユーザーに対してアンケート調査を実施し、顕著な結果を得た。

ディスポーザの利便性については３グループのユーザーともに評価は高かった。

給水量についてはシステムユーザーに対して単体ユーザーがかなり少ない点が明らかとなった。その原因としてユーザーに対する給水の必要性の説明が十分でなかったことがわかった。また、システムユーザーのなかでも

手動システムのユーザーは給水状態が目視できるため、節水意識がはたらき給水量を絞るという傾向がうかがえた。これらの事実から、ディスポーザ排水システムを採用した場合には、引渡し時のユーザー説明が配管閉塞を防止するために重要であることが判明した。

第４章の「4.2　卵殻投入禁止措置のユーザー受入れ可能性評価」では配管閉塞要因のなかで最も大きな要因のひとつである、卵殻を投入禁止とした場合のユーザー評価の結果を報告した。

卵殻の投入を禁止としたユーザーとしないユーザーでは、使用者の利便性に明確な差異はなかったため、今後は配管閉塞の要因を少なくする観点から、投入禁止とする方向が望ましいと思われる。

６．結論

6.1　結論

本章では、以上５章の結果および成果を総括し、今後の課題および展望について述べる。以下に得られた知見と今後の課題を列記する。

第１章では、海外および日本におけるディスポーザ普及の歴史や技術を概説することにより、日本におけるディスポーザの使用方法が独特であるために、独自の設計指針が必要であることの背景を明らかにするとともに、研究の目的および本論文の構成について述べた。

第２章では、都市部の集合住宅で普及が進んでいるディスポーザシステムについて、システム全体の各構成要素におけるトラブル発生部位や現象についてデータから解析した。その結果、トラブルの大部分は使用者の使用方法に起因する、異物の噛込などであることを明らかにした。次に、トラブルのなかでディスポーザ使用者の誤使用に起因したもの以外のトラブル、すなわち排水配管系に発生したものについて、発生部位と原因を解析することにより、住戸内の排水横枝管（器具排水管）にトラブルが多いことを明らかにした。

また、集合住宅の排水横枝管における配管の長さや曲がり数といった形態を調査することにより、配管パターンがパイプシャフト(PS) の位置により大きく変わることをデータより解析し、PSの位置によって配管パターンを層別できることを明らかにした。さらに、層別の結果から住戸内の水廻り近傍にPSのある「住戸内PSプラン」とスケルトンインフィル設計でPSが共用部にある「SIプラン」のモデル配管を設定した。

第３章では、ディスポーザ排水システムの搬送特性において、その影響因子と考えられる要素について実験析した。

最初に、ディスポーザの機種や運転方法が排水の搬送特性に与える影響を実験した。その結果、排水搬送性はディスポーザから吐出される固体と給水量の比で決まる固体濃度に大きく依存しており、粉砕粒径の影響は小さいことを明らかにした。次に、第２章で設定した２種類の配管プランについて配管搬送性の調査を行った。その結果、「住戸内PSプラン」と「SIプラン」では配管長や配管勾配といった設計条件が大きく異なり、特に「SIプラン」では配管閉塞の危険性が高いことから、排水の流動性を高める機構のあるディスポーザを採用する必要があることを示した。

さらに、配管詰まりの最大の要因のひとつと思われる卵殻の掃流条件を実験により確認した。その結果、卵殻の平均掃流流速は0.3m/S程度であること、曲がり上流部で流速が減少し卵殻堆積の危険性が高まることを確認し、さらに配管詰まりのメカニズムを解明した。

最後に、ディスポーザシステムが設置された集合住宅におけるトラブル事例の発生状況から、排水横枝管における配管閉塞の発生原因と推測されたディスポーザ操作条件や排水継手の種類などについて搬送実験を行った。その結果、以下①～⑦の配管設計・施工に対する知見を得た。

①配管勾配や給水量の不足などによってディスポーザ排水の流速が0.3m/S以下となった場合には、卵殻が配管継手の上流側に残存する。

②配管内に残存した卵殻は、排水流下を繰り返すことで大部分は排出されるが、卵殻が大量に堆積した状態で繊維質の生ごみを粉砕した場合には配管閉塞を誘発する恐れがあることから、卵殻の堆積をできるだけ回避するよう、配管設計条件およびディスポーザの使用条件を設定することが必要である。

③ディスポーザを給水流量が少ない状態で運転した場合、配管閉塞の危険性は増加するが、卵殻の堆積を回避することで配管閉塞の危険性は低減される。

上記②のような状況が起こらない限り、配管閉塞に至る可能性は低い。

④排水継手はDL継手よりLL継手のほうが、搬送性が優れている。

⑤配管長が5mを超えるような住戸では、連続する曲がり配管は流速の低下が発生するため、避けるべきである。

⑥食器洗浄機排水との合流は、食洗機側排水配管へのディスポーザ粉砕生ごみの堆積を防止する見地から、ディスポーザ排水配管の下流部で行うべきである。

⑦住戸内の排水横枝管におけるオフセット部は、搬送性確保のため45L継手で形成すべきである。

第４章では、ディスポーザシステムのユーザーである使用者に便益などに関するアンケート調査を実施し、使用者の使用方法が排水搬送性に与える影響を推察した。まず、手動給水型ディスポーザにおいては使用者によりディスポーザへの給水量が変化するため、排水搬送性が一定しないことから、手動給水型ディスポーザのユーザーに対してアンケート調査を行った。その結果、手動給水型ディスポーザ使用時の給水時間および給水量は推奨値よりも少ない傾向にあり、特に単体ユーザーでは使用方法の認知度の低さから、給水不足による配管詰まりの発生率が高くなる可能性が示唆された。

次に、「配管詰まりの最大要因のひとつである卵殻を投入禁止ごみとした場合」の便益についてアンケート調査し、配管詰まりの最大要因を除去できるかどうかを検討した。その結果、卵殻を投入禁止ごみとしても使用者の利便性にはほとんど影響しないことを明らかにした。

第５章では、各章の結果を総括し、かつ筆者の経験から得られた技術的知見をもとに、「排水搬送性からみた配管設計・施工指針」と、「維持管理からみた配管設計・施工指針」を提言するとともに、使用者アンケートから得られたユーザー評価により、ディスポーザの使用形態を提言した。

6.2　今後の課題および展望

筆者が関わったディスポーザ排水処理システムを設置した集合住宅は10,000戸程度に達する。その経験で得られた知見は、不具合発生の主な部位は排水横枝管であり、排水立て管、排水横主管、敷地排水管、通気管は既存の学問体系で設計すれば不具合はほとんど発生しない、ということである。そのような経験から、実務に携わる技術者にとって重要な設計・施工指針の作成という目標のもと、排水横枝管に研究・改善の的を絞り、不具合の発生、原因の追求のための実験および解析、そしてその対策という繰り返しを行ってきた。その成果がここ２年間の不具合発生率1/1,000以下という、世の中に住宅を供給する会社にとって満足できる状況になっているものと確信する。したがって、第５章にまとめた設計・施工指針を実施すれば、当面の目標である実用レベルでの技術は達したと感じる。

あとに残された主な技術的課題は維持管理に関する技術である。第５章の「維持管理からみた設計・施工指針」の冒頭にも記したが、設計・施工を完璧に実施したとしても、厨房系統の排水配管においては、維持管理が悪ければ配管の機能は必ず損なわれる。

この分野での研究はまだ緒についたばかりで、報告内容も相反する報告なども見受けられ、また、配管清掃技術についても製品の改良や技術の普及はこれからという段階である。集合住宅におけるディスポーザ系統排水管の配管清掃費用は、他の系統に比べて手間が掛かるため割高で、１住戸あたり10,000円/年程度といわれている。この金額はマンションの管理費においては大きな割合を占めているため、維持管理費の低減を視野に入れた技術開発も望まれている。すなわち、排水横枝管、排水立て管、排水横主管などの部位別の管内付着物が経年によって変化する実態の把握や、清掃時期の判断技術の開発により、清掃の必要な部位のみを適切な時期に清掃する技術の確立も課題であろう。

維持管理技術の向上にともない、当然ながら設計にフィードバックされる課題も生じてくると思われ、設計・施工技術と維持管理技術が相互に影響しあい、ディスポーザ排水システムが健全な形で発展して行くことを期待したい。

【本論文に関連する主な既発表論文】

[1] 小島邦晴、高良佳充、清水康利、坂上恭助:破砕粒径とディスポーザ運転方法がディスポーザ排水の搬送性に及ぼす影響、日本建築学会計画系論文集、第559号、pp.51-55（2002）

[2] 小島邦晴、北口かおり　他：手動給水式ディスポーザの使用実態と便益評価、環境の管理、第57号、pp.71-76（2005）

[3] 小島邦晴、北口かおり　他：ディスポーザシステム設置集合住宅の配管プランの層別とディスポーザ排水搬送特性、環境の管理、第60号、pp.29-34（2006）

[4] 小島邦晴、清水康利　他：ディスポーザ排水中の卵殻の搬送特性と投入禁止によるユーザー便益への影響、日本建築学会環境系論文集、第605号、pp.87-93（2006）

【参考文献】

1）輿水知、篠原文成、紀谷文樹：ディスポーザの破砕性能と排水特性および性能評価、空気調和・衛生工学会論文集、第80号、2001年、pp.59-68

2）松下幸之助、清水康利、大塚雅之：ディスポーザ排水の排水横枝管中の流れに関する研究－生ごみ・配管条件・給水条件の影響の可視化検討、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、2000年９月、pp.1749-1752

3）安部嘉孝、河村憲彦、大塚雅之、清水康利：高層集合住宅のディスポーザ排水システムに関する研究（その２）、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、2000年９月、pp.1753-1756

4）排水管のメンテナンス・リフォームを巡る動向　技術の進展といっそうの普及を求めて、月刊リフォーム、2005年２月号、pp.42-45

5）生ごみリサイクル研究会（建設省建築研究所）「ディスポーザによる生ごみリサイクルシステムの開発」報告書（平成６年度～平成８年度）、（財）日本建築センター、平成９年３月

6）佐藤信吾　他４名：ディスポーザ排水の排水性、空気調和・衛生工学会九州支部研究報告第３号、pp.35-38、1996. 5

7）都市基盤整備公団：KSI住宅対応排水設備の研究開発報告書その２、2001

8）金子順也　他６名：SI住宅における横枝管排水性能に関する研究（その７　ディスポーザを用いた台所流し排水性能について）、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.1121-1124、2001. 9

9）南裕介、大塚雅之、中島古史郎：ディスポーザ排水システムの性能評価と設計手法に関する研究（その１　ストレート排水横枝管での基本性能の検討）、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.413-416、2001. 9

10）NPO生ごみ処理システム協会ホームページ：
http://homepage2.nifty.com/fwtsa/

11）南裕介、大塚雅之：排水横管内でのディスポーザ排水厨芥の搬送性能評価に関する基礎研究　その１　排水横枝管内での残渣分布と搬送条件の検討、日本建築学会計画系論文集、No.560、pp.37-44（2002）

12）総務省統計局：家計調査年報平成15年家計収支編（二人以上の世帯）（2004）

13）山本学、小寺定典、大塚雅之他：超高層集合住宅におけるディスポーザ利用実態調査（単純集計結果及びごみ量測定調査結果）、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、2005年８月、pp.709-712

14）小島邦晴;『特集:マンション工事における設備工事の現状、ディスポーザ設備の設計・施工上のポイント、月刊　建築設備と配管工事、2006年５月号、pp.22-25

15）ディスポーザによる生ごみリサイクル研究会（建設省建築研究所）「ディスポーザによる生ごみリサイクルシステムの開発」（システムの有効性に関する実証的研究）報告書（平成９年度～平成11年度）、（財）日本建築センター、平成13年４月、pp.11,12

16）小寺定典、山本学、大塚雅之他：超高層集合住宅におけるディスポーザ排水処理システムの利用実態調査（第１報～第４報）、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.797-812（2006）

17）鹿倉克幸：ディスポーザ専用排水管の汚れの現状と維持管理、月刊リフォーム、2001年11月号、pp.24-28

18）難波信二、室橋一秀（全国管洗浄協会）；排水管の詰まりのメカニズムとディスポーザ排水配管の清掃、月刊　設備と管理、2005年８月号、pp. 2-11

19）NPO生ごみ処理システム協会「ディスポーザ排水処理システムの維持管理」講習会テキスト、2006年９月１日

20）二宮裕美子、紀谷文樹、長野晃弘、橋本洋一：集合住宅における調理流し系統排水立て管の付着物の調査(ディスポーザ使用の排水立て管性能評価として）空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.193-196（2003）